



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Uso de fibras de carbono como reforzamiento estructural en columnas  
de concreto, Lima, 2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Br. Villoslada Cáceres, Michael Edgar (ORCID: 0000-0002-8336-3039)

**ASESOR:**

Dr. Córdova Salcedo, Felimón Domingo (ORCID: 0000-0003-0338-5156)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño sísmico y estructural

**LIMA – PERÚ**

2019

## **Dedicatoria**

Primeramente a Dios por ser quien ilumina mi camino y me guía en todas mis metas que me propongo.

A mis padres Lena y Edgar por apoyarme en este proceso universitario y en todas mis metas para ser cada día mejor y motivarme a cumplir cada sueño y hacerlo realidad, gracias a ustedes.



## Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios por todas las bendiciones que me ha dado en la vida. A mis padres por permitirme estudiar una carrera profesional y apoyarme en este largo proceso. Gracias a todos los docentes de mi Universidad por brindarnos una excelente enseñanza, obtener nuevos conocimientos nuevas experiencia y ver las cosas diferentes.

A la Universidad César Vallejo por ser mi segundo hogar en cual me permitió lograr una de mis metas más importantes, el cual es ser ingeniero civil.

## **Página del Jurado**

## **Declaratoria de Autenticidad**

Yo, Michael Edgar Villoslada Cáceres identificado con DNI N° 72869532, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, 09 de Julio del 2019



---

Michael Edgar Villoslada Cáceres

DNI: 72869532

## ÍNDICE

<b>Dedicatoria</b> .....	<b>ii</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>iii</b>
<b>Página del jurado</b> .....	<b>iv</b>
<b>Declaratoria de autenticidad</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>vi</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>I.INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II.MÉTODO</b> .....	<b>26</b>
<b>2.1. Diseño, tipo, nivel y enfoque de la investigación</b> .....	<b>27</b>
<b>2.2. Variables, operacionalización</b> .....	<b>28</b>
<b>2.3. Unidad de analisis, población, muestra y muestreo</b> .....	<b>30</b>
<b>2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad</b> .....	<b>31</b>
<b>2.5. Método de análisis de datos</b> .....	<b>32</b>
<b>2.6. Aspectos éticos</b> .....	<b>32</b>
<b>III.RESULTADOS</b> .....	<b>34</b>
<b>IV. DISCUSIÓN</b> .....	<b>72</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	<b>75</b>
<b>IV. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>80</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>82</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>87</b>

## Resumen

Esta investigación tiene como objetivo principal, determinar el comportamiento de la columna de concreto con el uso de fibras de carbono como refuerzo estructural, por medio de los ensayos de resistencia a la compresión y tracción en probetas cilíndricas, y ensayo de resistencia a la flexión en vigas, con el fin de demostrar el comportamiento del concreto y así obtener con certeza si el refuerzo con fibra de carbono sea beneficioso y en que magnitud como refuerzo estructural. Estos elementos se ensayarán con refuerzo de fibra de carbono y sin refuerzo, de este modo saber la diferencia de resistencias entre ambas, y poder concluir en que magnitud aumenta la resistencia por medio de la aplicación de fibra de carbono, así mismo también se menciona el uso del programa SikaCarbodur V.5 como método de diseño del refuerzo con fibra de carbono de la marca SIKA y su presupuesto por metro cuadrado. Este estudio verificara que el uso de fibra de carbono si influye como reforzamiento estructural en el concreto, específicamente en el comportamiento de resistencia a la flexión, compresión y tracción.

**Palabras claves:** Concreto, resistencia, fibra, carbono, refuerzo.

## **Abstract**

The main objective of this research is to determine the behavior of the concrete column with the use of carbon fibers as a structural reinforcement, by means of the compressive and tensile strength tests in cylindrical specimens, and the flexural strength test in Beams, in order to demonstrate the behavior of the concrete and thus obtain with certainty if the reinforcement with carbon fiber is beneficial and in what magnitude as structural reinforcement. These elements will be tested with carbon fiber reinforcement and without reinforcement, in this way to know the difference of resistances between both, and to be able to conclude in what magnitude the resistance increases by means of the application of carbon fiber, likewise it is also mentioned the use of the SikaCarbodur V.5 program as a design method of the carbon fiber reinforcement of the SIKA brand and its budget per square meter. This study will verify that the use of carbon fiber does influence structural reinforcement in concrete, specifically in the behavior of resistance to flexion, compression and traction.

**Keywords:** Concrete, strength, fiber, carbon, reinforcement.

## **I. INTRODUCCIÓN**

## **Realidad problemática**

Desde la antigüedad en el mundo las personas trataron de resolver y buscar soluciones a sus necesidades y problemas por medio de su ingenio, utilizando conocimientos, analizando y evaluando de tal manera que satisfagan sus necesidades. Una de las principales problemáticas dentro del ámbito de la Ingeniería Civil se enfoca en mejorar y aumentar las características y capacidades de los materiales de construcción, de tal manera que cada vez encontremos nuevos métodos innovadores alternativos a los ya utilizados y conocidos.

Desde la aparición del concreto en el siglo XIX, se presentó un desarrollo constructivo a gran escala, siendo el material de construcción que más se ha desarrollado.

Las estructuras de concreto pueden presentar insuficiencias, ya sea por construcciones deficientes, deterioro del hormigón, corrosión del acero de refuerzo, cambios en la funcionalidad de su estructura o aumento de las cargas estimadas en su diseño; en caso extremo, porque han llegado al final de su ciclo de servicio, generando un factor de riesgo al ser estructuras antiguas que requieren rehabilitación. Por ello, es de vital importancia el análisis de la estructura a lo largo de su vida útil y en el caso llegue a ser requerido y necesario, la aplicación de elementos de refuerzo.

El concreto presenta propiedades y características muy favorables tales como: el ser moldeable en su etapa de preparación, el ser un material relativamente económico y el presentar una alta resistencia a la compresión; pero como todo material constructivo como tiene ventajas también tiene sus desventajas, y la más desfavorable para el concreto según (ABANTO CASTILLO, 2017 pág. 11): es un material de escasa resistencia a la tracción. Debido a esta desventaja del concreto llevo a buscar métodos innovadores para reforzarlo.

Por otro lado, la industria del concreto en el Perú en los últimos años se ve obligada a optar nuevas tecnologías innovadoras en materias de aditivos y adiciones con fines de mejorar la calidad y estructura del concreto, así brindarle características y propiedades que se requieren con los diseños estructurales cada vez más exigentes en la industria. (ASOCEM pág. 10) indica que: En el Perú el consumo per cápita de cemento en 2018 fue 321 kg por persona, mientras que en el 2016 el consumo per cápita fue de a 557 kg por



persona, por lo que resulta adecuado desarrollar métodos que mejoren las propiedades y características del concreto, estas propiedades se pueden modificar por muchos métodos, entre ellas tenemos el agregar aditivos al concreto, comúnmente en estado líquido, de igual forma también aplicando ciertas fibras sintéticas, entre ellas está la fibra de carbono como podemos observar en la figura 1.1.

El uso cada vez más frecuente del sistema de refuerzo mediante platabandas ha llevado al mercado a desarrollar, pletinas y vendas de fibras de carbono para reforzamiento de estructuras las que pueden alcanzar resistencias a tracción extraordinarias. (SOLAS ANTOR, y otros, 2010 pág. 742), siendo estas fibras 10 veces más resistente que el acero, ya que puede alcanzar una pureza de hasta el 99% de carbono siendo este una excelente alternativa como material de refuerzo en el hormigón.

Esta investigación busca implementar el uso de la fibra de carbono como método de reforzamiento estructural de columnas como se muestra en la figura 1.2, para demostrar el aumento de resistencia del concreto, el comportamiento de este material, dar criterios y conocer los beneficios como refuerzo estructural aplicada en columnas.



Figura 1.1. Fibra de carbono



Figura 1.2. Fibras de carbono en columnas

## Trabajos previos

### Antecedentes Nacionales

- (BAZAN SERRANO, 2015). En la tesis para obtener el grado de maestro. **Titulado**, Estudio experimental y numérico del comportamiento de flexión de vigas de concreto armado reforzadas con bandas de FRP. **Objetivo**, El objetivo de esta investigación se basa principalmente en el diseñar un conjunto de vigas de concreto para posteriormente aplicarles refuerzo estructural por medio de las fibras de carbono con el fin de demostrar la capacidad de aumento de resistencia y aumento de rigidez.
- (BELIZARIO PACOMPIA, 2017). En la tesis para obtener el grado de maestro. **Titulado**, Reforzamiento estructural de una edificación de concreto armado de dos pisos con fines de ampliación. **Conclusión**, En las columnas con fines de ampliación es necesario el incremento de sección, y la que mejor se adapta es el concreto armado descartando así las fibras de carbono, entre encamisado e introducción de muros de

corte, conviene la segunda alternativa (muros de corte) que se escondan en muros, ya que contribuyen a generar la rigidez requerida.

- (ALEGRE GAGO, 2017). En la tesis para obtener la titulación del grado de ingeniero civil. **Titulado**, Estudio de la influencia en la resistencia y ductilidad de las fibras de carbono utilizadas como reforzamiento de vigas de concreto armado. **Conclusión**, Esta investigación concluye la verificación en el cual la fibra de carbono (CFRP) como reforzamiento estructural incrementa la resistencia del concreto armado al someterlas a flexión. Así mismo en el caso que presenten secciones con menor cuantía la fibra de carbono tienen a presentar una alta influencia en el incremento de en resistencia, ya que el acero y la fibra de carbono poseen rigideces parecidas. Este incremento de la resistencia a la flexión aumenta en un 58.9% para la sección de la viga que posee menor cuantía, y un 18.4% en la sección de mayor cuantía.
- (GUITIERREZ ALIAGA, y otros, 2006). En la tesis para la titulación para optar el título de ingeniero civil. **Titulado**, Reforzamiento por flexión de vigas de concreto armado con fibra de carbono. **Conclusión**, Como conclusión más resaltante en esta investigación se pudo demostrar la efectividad por flexión de las vigas ensayas al reforzarlas con fibra de carbono (CFRP) obteniendo resultados favorables, principalmente momentos resistentes mayores hasta un 30% a 40% comparado a las muestras que no fueron reforzadas

### **Antecedentes Internacionales**

- (SILVA VERA, 2016). En la tesis de pregrado para obtener el título de ingeniero civil. **Titulado**, Refuerzo Estructural con Fibra de Carbono. **Conclusión**, Se concluye que mediante los ensayos aplicados, la fibra de carbono tiene un mejor comportamiento a la tracción, exposición a la intemperie y peso más liviano respecto a la del acero.
- (DURAN QUINTAL, 2008) En la tesis de pregrado para obtener el grado de maestro. **Titulado**, Refuerzo con bandas de fibra de carbono (CFRP) en columnas cortas de concreto reforzado. **Conclusión**, Esta investigación concluye que al aplicar cargas

haciendo llegar al punto de fallo de la viga reforzada con fibra de carbono dio resultados mayores puesto que después de realizar las cargas sin el reforzamiento estructural, se observó que la primera figuración apareció al llegar a la magnitud de 1,93 Ton. La fibra de carbono usada como refuerzo estructural a flexión fue el SikaWrap 103C en el cual presento resultados muy eficientes, también garantiza una adecuada adherencia.

- (BELTRAN RIVEROS, 2011). En la tesis para optar el título de ingeniero civil. **titulado**, Uso de fibras de carbono como reforzamiento a flexión en vigas de concreto reforzado. **Objetivo**, El objetivo de esta tesis se enfoca en estudiar y cuantificar el efecto benéfico que el empleo de las fibras de carbono junto con el relleno de grietas con resina epóxica ejercen sobre elementos de concreto que han sufrido daño estructural visible sin presentar el colapso total.
- (CONTRERAS RINCON, 2011). En la tesis para optar el título de ingeniero civil. **Titulado**, Uso de fibras de carbono como reforzamiento a corte en vigas de concreto reforzado. **Conclusión**, Después de obtener los resultados de los ensayos se concluyó un aumento considerable en la resistencia al corte obteniendo un aumento de 6.0 Ton con respecto a otra viga sin reforzamiento, sin presentar grietas, en el cual se estima que la viga reforzada puede alcanzar 10 Ton más respecto a las vigas sin refuerzo.
- (TOLOZA SALAZAR, 2008). En la tesis para optar el grado de ingeniero civil. **Titulado**, Recuperación de estructuras de hormigón en base a cfrp. (polimeros reforzados con fibras de carbono). **Conclusión**, Se concluye que con el uso de la fibra de carbono se logra aumentar la resistencia de las estructuras, reduciendo su tiempo de ejecución, y siendo una excelente alternativa ante la corrosión.
- (WENYONG ZHANG, 2014). En la tesis para optar el diplomado de doctor. **Titulado**, Modification of carbon fiber / epoxy matrix interphase in a composite material: design of a self-healing interphase by introducing thermally reversible Diels-Alder adducts. **Objetivo**, Modificar la matriz epoxica por medio de la oxidación del ácido nítrico en el cual se adhiere la fibra de carbono con el fin de mejorar las propiedades y características de resistencia de la fibra de carbono.

- (JING ZHANG, 2012). En la tesis para optar el diplomado de doctor. **Titulado**, Different surface treatments of carbon fibers and their influence on the interfacial properties of carbon fiber/epoxy composites. **Conclusión**, Se concluye que el proceso de CNT aplicados en superficie de la fibra de carbono mediante un proceso continuo lograron aumentar las propiedades de la fibra, así mismo variaron los parámetros en la densidad y su morfología.
  
- (WOLFGANG WENZL, 2006). En la tesis para optar el grado de ingeniero. **Titulado**, Carbon fiber reinforcement for concrete engineering. **Objetivo**, Estudiar y analizar las propiedades, los tipos y composición de la fibra de carbono aplicado en la ingeniería, así mismo su parte experimental y evaluación general.

## **Teorías relacionadas al tema**

### **Refuerzo estructural con fibras de alto rendimiento**

Cuando hablamos sobre fibras aplicadas con el objetivo de mejorar las propiedades estructurales, en ella contamos con una gran variedad de materiales, por lo que contamos con 3 principales tipos de fibras según YAULI Paúl (2015), entre ellas, tejidos a base de fibras tal, materiales preconformados, y las fibras sueltas.

(PARRA MONTESINOS, 2005) Indica que las fibras sueltas: se aplican en la fabricación y mezclado del concreto, esto genera un incremento en la resistencia estructural del elemento reforzado. Por otro lado los materiales preconformados son elementos que se utilizan como remplazo o aumento del acero que se colocan en estructuras ya existentes con el objetivo de reforzarlos o rehabilitarlos para distintos fines; por ultimo encontramos los tejidos a base de fibras; este tipo de fibras en forma de tejidos se pasan a colocar de igual forma que las preconformadas en elementos estructurales ya existente con el fin de rehabilitarlos y reforzarlos.

### **Características de las fibras para refuerzo estructural**

(DURÁN QUINTAL, 2008 pág. 7) Existen tres tipos principales de fibras, las cuales es posible utilizar para reforzar elementos de concreto que han sufrido daño o que presentan deficiencias; se tienen en primer lugar las fibras de vidrio en el cual su resistencia a tensión está entre 1900 y 4800 MPa, seguidas por las fibras de aramida las cuales tienen una resistencia a tensión entre 3500 y 4100 MPa, y finalmente las fibras de carbono cuya resistencia a tensión oscila entre 2100 y 6000 MPa. La fibra de vidrio, al tener una resistencia relativamente baja, aporta pocos beneficios como refuerzo, en tanto que las fibras de aramida son económicamente prohibitivas y difíciles de conseguir comercialmente; por lo tanto, la opción más factible es el refuerzo con las fibras de carbono, las cuales se encuentran disponibles comercialmente y tienen una resistencia superior a las demás. En la tabla 1.1 se presentan las características de las fibras ya mencionadas y en la figura 1.3 su diagrama de deformación-esfuerzo.

Tabla 1.1. Características de fibras

Material	Módulo de elasticidad (Gpa)	Resistencia a tensión (Mpa)	Deformación última a tensión (%)	
Carbón	Alta resistencia	215-235	3500-4800	1.4-2.0
	Ultra alta resistencia	215-235	3500-6000	1.5-2.3
	Alto módulo	350-500	2500-3100	0.5-0.9
	Ultra alto módulo	500-700	2100-2400	0.2-0.4
Vidrio	Módulo	70	1900-3000	3.0-4.5
	Resistencia	85-90	3500-4800	4.5-5.5
Aramida	Bajo módulo	70-80	3500-4100	4.3-5.0
	Alto módulo	115-130	3500-4000	2.5-3.5

Fuente: DURÁN QUINTAL, 2008

Vidrio (GFRP), Aramida (AFRP), Carbono (CFRP)

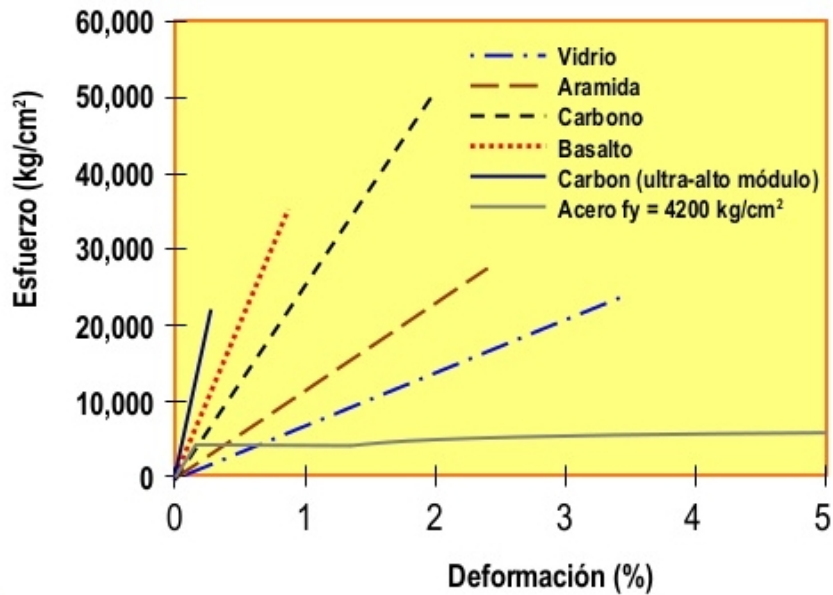


Figura 1.3. Fibras más comunes

## La fibra de carbono

(BORRELL TÓMAS, 2015) Las fibras de carbono (CFRP), formadas a partir de un copolímero (poliacrilonitrilo) y a través de un considerable aporte de energía en forma de calor (hasta 2000 ° C), se han usado desde ya hace varios años en la industria aeronáutica y espacial como material idóneo por su bajo peso y alta resistencia. Fue hasta la década de 1990 cuando los costos de producción de estos materiales permitieron su empleo en otros sectores de la industria como son el de la construcción y se observó que este tipo de materiales, aporta grandes beneficios al incrementar las características de resistencia y de desplazamiento de elementos de concreto reforzado; es por eso que el uso de CFRP es cada vez más común como sistema de reforzamiento adicional en la rehabilitación en las estructuras.

Las fibras de carbono pueden ser rígidas o flexibles y generalmente vienen en dos presentaciones: en forma de tejidos como se observa en la figura 1.4 en los cuales entre el 95 y 98 % de las fibras están orientadas en la dirección longitudinal y entre un 2 y un 5% están orientadas en la dirección transversal con la finalidad de mantener unidas a las primeras; la otra presentación es en forma de placas rígidas como se aprecia en la figura 1.5 las cuales son elementos laminados en los que se encuentran las fibras y la matriz. Este tipo de elementos rígidos tienen espesores entre 1.2 y 1.4 mm.



Figura 1.4. Fibras en forma de tejidos

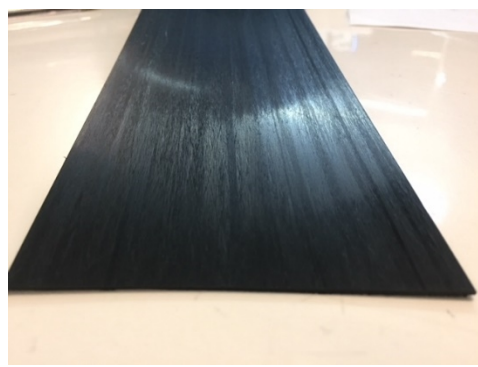


Figura 1.5. Fibras en forma de láminas



## La colocación de las fibras

Según (FLORES TANTALEÁN, 2008): La técnica más usada para la colocación de las fibras se realiza manualmente y consiste en la colocación de los tejidos (o placas rígidas), según sea el caso, sobre la superficie del elemento de concreto a reforzar, que previamente se ha liberado de cualquier impureza de pintura o material que lo cubra, las aristas de los elementos con geometrías rectangulares se desbastan y se impregna todo el elemento con una capa de la resina; seguidamente se procede a colocar la primera capa de fibra sobre la capa de resina; se le pasa un rodillo para eliminar cualquier irregularidad o la presencia de aire entre las fibras y el elemento en rehabilitación; hecho esto se procede a colocar otra capa de resina y las capas siguientes de fibras si fuera necesario. En la figura 1,6 se muestra la colocación de la fibra sobre el espécimen de estudio.



Figura 1.6. Colocación de la fibra de carbono

## Tipos de refuerzo

(FERNÁNDEZ FLORES, 2012) Las CFRP pueden usarse para reforzar estructuras que están sometidas a diferentes tipos de carga, ya que dependiendo de la dirección de su colocación, se pueden orientar las fibras en las dirección que sea más

adecuada para el reforzamiento o rehabilitación; es decir, se pueden orientar las fibras para alcanzar una mayor capacidad por flexión, o bien se pueden orientar de modo que se alcance una mayor resistencia ante fuerzas cortantes; también, se pueden colocar de forma que se tenga la mayor capacidad de desplazamiento de los elementos o de manera que se tenga el mayor confinamiento de los elementos. En el presente estudio solo se analizará el caso de refuerzo por cortante.

### **Refuerzo por flexión**

(ARROYO PORTERO, 2003) Se puede lograr un refuerzo por flexión más eficaz en vigas y losas mediante la colocación de las fibras en dirección paralela a la de los esfuerzos de tensión generados en este tipo de elementos como podemos observar en la figura 1.7. En este tipo de refuerzo hay que tener en cuenta que se pueden presentar dos modos de falla, uno en el que el concreto en la zona de compresión llegue a su límite y por tanto se aplaste al mismo tiempo que se genere una falla en la zona de tensión que es donde se encuentra el material compuesto (CFRP); y otro en el que las fibras colocadas en la zona de tensión fallen por desprendimiento del adhesivo; para que esta última falla no suceda es necesario tomar en consideración en el diseño del refuerzo, la longitud de desarrollo de la banda de fibra para que no ocurra un desprendimiento prematuro de ésta, así mismo, en algunos casos también conviene colocar anclas de fibra en el concreto para aumentar la adherencia de los tejidos de fibra con el concreto.



Figura 1.7. Refuerzo estructural por flexión

## Refuerzo por cortante

(MARTÍNEZ CONESA, 2012). La capacidad por cortante de una columna o de un muro de cortante se puede incrementar con el uso de CFRP colocándolas en la dirección de los estribos (ver figura 1.8); esto provoca el mismo efecto que el colocar estribos internos en el elemento, sin embargo, las ventajas son mayores ya que debido a la naturaleza de CFRP no se tienen problemas de corrosión, y no se necesita remover el concreto ni realizar un proceso complicado para su colocación.

Si bien se sabe que los esfuerzos de tensión diagonal actúan con un ángulo de  $45^\circ$  con respecto al eje axial del elemento, es más cómodo y práctico colocar el refuerzo de fibras orientadas en dirección perpendicular al eje axial, (además esto proporciona un refuerzo adecuado si se invierte el sentido de los esfuerzos). En vigas se puede colocar este refuerzo en forma de “U” o bien usar un refuerzo cerrado (en forma de “O”). En el caso de las columnas, se pueden colocar los refuerzos cubriendo toda la longitud de la columna con las fibras o en bandas con una separación entre cada una de ellas dictada por el diseño previo.



Figura 1.8. Refuerzo estructural por corte

## Confinamiento

(BELLIDO DE LUNA, 2012) Se puede conseguir un aumento en la capacidad de carga axial en columnas si se colocan las fibras alrededor de las mismas en toda su longitud (ver figura 1.9); esto conduce a que el concreto esté mejor confinado

y por tanto la capacidad de carga axial de la columna es significativamente aumentada, respecto a su capacidad de carga original; este reforzamiento adicional permite obtener una mayor capacidad de desplazamiento lateral, ya que se retrasa el aplastamiento del concreto en la unión con las vigas o losas.



Figura 1.9. Colocación de fibra de carbono en toda su longitud

### **Refuerzo por compresión**

(ROCHA RANGEL, y otros, 2011) Indica que: En el caso del refuerzo por compresión, el refuerzo estructural por medio de la fibra de carbono logra incrementar la capacidad axial en las columnas a través de su confinamiento.

Este método de refuerzo estructural permite reemplazar técnicas tradicionales como el aumento de dimensiones de las columnas, el cual tiene un alto costo y un tiempo mayor de ejecución a comparación del refuerzo con fibra de carbono, este tipo de refuerzo en el cual se aplican las fibras en las caras laterales del elemento a reforzar como se muestra en la figura 1.10.

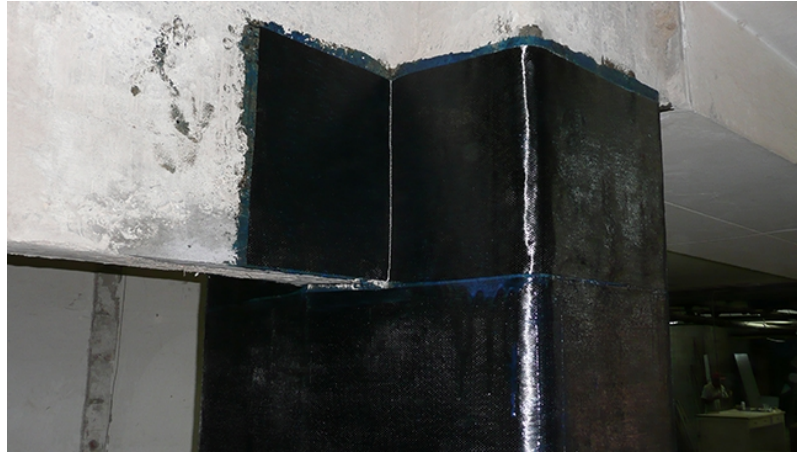


Figura 1.10. Refuerzo estructural por compresión

### **Refuerzo por tracción**

(UUSITALO K., 2013): Indica que: las láminas tejida con fibra de carbono (CFRP) dan mayores beneficios, puesto que estas posee un módulo de elasticidad promedio de 234.400 MPa, así como una resistencia a la tracción promedio de 3450 MPa; lo cual lo hace un excelente alternativa para suplir a cualquier otro elemento como reforzamiento en una estructura de concreto dependiendo del tipo de cargas el cual fueron diseñadas.

Se aplica en forma de tiras en ambos sentidos como se muestra en la figura 1.11.



Figura 1.11. Refuerzo estructural por compresión

## **Ductilidad**

(WENDEL KELLER, 2013). Indica que: La ductilidad es el punto más vital en el ámbito de la construcción frente a movimientos sísmicos de diversas magnitudes. El acero de refuerzo es factor que logra la ductilidad en las estructuras de concreto armado por el cual está conformado, logrando así deformaciones que superan su límite de elasticidad. Mientras el concreto como material sin refuerzo es frágil y de baja resistencia a la tracción.

La fibra de carbono aumenta la ductilidad en las estructuras reforzadas por esta fibra, dependiendo proporcionalmente a las capas aplicadas a la estructura, logrando aumentos de un 5% a 40% en ductilidad.

## **Propiedades de la fibra de carbono**

**Según** (MEDINA GONZALES, 2015):

La fibra de carbono se diferencia de cualquier otro material compuesto por tener muchas propiedades favorables en el cual las más importantes son:

- Alta capacidad de aislamiento
- Es un excelente conductor eléctrico
- Resistencia a ambientes corrosión y alcalinos.
- Alta rigidez a comparación del acero
- Tiene una baja densidad, siendo esta propiedad la que le brinda un peso más ligero en comparación a otros materiales compuestos.
- Tiene baja conductividad térmica
- Tiene alta resistencia a la fatiga
- Tienen un coeficiente muy bajo de dilatación, por el cual esto le permite una alta estabilidad dimensional y una conductividad térmica alta a las estructuras.
- Tiene resistencia a las variaciones en la temperatura, manteniendo su forma inicial.

## **Reglamentación y filosofías de diseño**

### **• Norma UNE-EN 1504 (Una Norma Española)**

Es una norma de cumplimiento obligatorio en toda la Unión Europea, en el cual nos fija los requisitos para la identificación de la estructura, así como el comportamiento, seguridad y sistemas que se utilizarán en la reparación estructural del concreto.

Esta norma consta de 10 partes:

EN 1504 – 1	Términos y definiciones.
EN 1504 – 2	Protección superficial del hormigón.
EN 1504 – 3	Reparación estructural y no estructural.
EN 1504 – 4	Adherencia estructural.
EN 1504 – 5	Inyección del hormigón.
EN 1504 – 6	Anclajes de barras de armado.
EN 1504 – 7	Protección de armaduras contra la corrosión.
EN 1504 – 8	Control de calidad y evaluación de conformidad.
EN 1504 – 9	Principios generales para el uso de productos y sistemas.
EN 1504 – 10	Aplicación en obra de productos y control de calidad

### **Reglamento Nacional de edificaciones E-060 (Concreto armado)**

(REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES E-060) Nos brinda información sobre los requisitos y exigencias mínimas en estructuras de concreto armado, preforzado y simple en su análisis, materiales, el diseño, el control de calidad que debe tener, la misma construcción y supervisión de estructuras.

La norma E-060 no controla el diseño e instalación de las láminas de fibras de carbono, puesto que en el Perú aún no existe ninguna norma específica para el sistema de refuerzo estructural con la fibra de carbono.

### **Norma ACI 440 (Guía para el diseño y construcción de sistemas FRP)**

Según la norma (ACI 440, 2008): Guía para el diseño y construcción de sistemas FRP (ver figura 1.12), plantea una filosofía de diseño con base en los niveles de esfuerzo y deformación que sufren las fibras con el concreto y el equilibrio de fuerzas en estos elementos; así mismo, plantea ecuaciones en las cuales se pone énfasis en las características a tensión de las fibras y no en las fibras que trabajan sometidas a compresión. En lo que se refiere a las bandas pegadas superficialmente a elementos, que son las estudiadas en éste trabajo, la forma de diseño sigue más o menos los mismos lineamientos considerando también efecto de la adherencia con el concreto, principalmente en los puntos donde inician o terminan las bandas de fibra.

En reglamentos europeos, el uso de los materiales compuestos como método de rehabilitación ha sido empleado desde hace varios años; por tanto, se han obtenido fórmulas basadas en la experimentación, que al igual que las empleadas por el ACI están desarrolladas a partir de la compatibilidad de esfuerzos y deformaciones de los materiales y el equilibrio de fuerzas externas e internas; las expresiones planteadas en estos reglamentos no serán analizadas ni empleadas en este estudio.

(HEDRICK Y OTROS, 2008) Existen diversos reglamentos en todo el mundo que contemplan el empleo de materiales compuestos (como son los tejidos de fibra de carbono), como opción de reforzamiento; sin embargo, aquí analizaremos el reglamento del ACI.



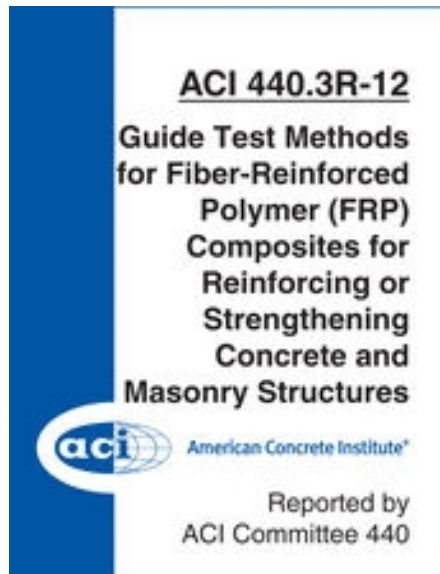


Figura 1.12. Guía ACI 440

## **Fallas más comunes de las columnas**

### **a) Falla por compresión**

Según el organismo (CENAPRED, 2008) nos indica que: Es una de las fallas más comunes que presentan las columnas de concreto armado, puesto que estas tienen una carga axial, por lo que el concreto y el acero de refuerzo están sometidos a tensión. De igual forma cuando la carga aplicada a la columna es grande respecto a la sección transversal de la columna, la columna falla y el acero con el concreto experimentan la tensión de influencia sin padecer de deformaciones laterales.

La columna de concreto falla debido al material por no contar con una suficiente área de sección transversal (ver figura 1.13), de tal forma que la tensión ejercida está en el límite. (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE) Este tipo de fallas se ven en casos donde la altura a la dimensión lateral de la columna es menor de tres, así mismo no experimentan falla por flexión por las cargas axiales ejercidas.



Figura 1.13. Falla por compresión en columna

#### **b) Falla por flexión**

(YAULI PAÚL, 2015) En este tipo de fallas comienza con el agrietamiento del concreto en las zonas donde existen tensiones (ver figura 1.14).

Las norma de diseño (E.060, 2009) indica que se debe de calcular la cantidad de acero a tensión por flexión de tal manera que el acero logre la fluencia y presente alargamientos sin perder la resistencia de la columna.



Figura 1.14. Falla por flexión en columna

### c) Falla por adherencia

(VILLEGAS ESPARZA, 2010) indica que: las adherencias entre los diferentes tipos de elementos estructurales en condiciones de refuerzos han llevado a distintos tipos de fallas, principalmente en las uniones entre muros y losas, así como entre vigas y columnas de concreto, de igual manera en columnas y cimentaciones (ver figura 1.15 y 1.16).



Figura 1.15. Falla por adherencia en columna



Figura 1.16. Falla por adherencia en columna-viga

#### **d) Falla por cortante**

(CANBOLAT Y OTROS, 2005) Esta clase de falla por cortante ocurre debido a la enorme concentración de esfuerzos en el cual fallan principalmente en los extremos de las columnas, y las razones de estas fallas son la carga axial, fuerza cortante y momento flector, que producen los movimientos sísmicos.

Muchas estructuras han fallado y llegado hasta el colapso debido al inadecuado confinamiento del núcleo de las columnas de concreto. Este tipo de fallas también puede presentarse en las zonas superiores, intermedias e inferiores de las columnas como se aprecia en las figuras 1.17 y 1.18. Este tipo de falla se caracteriza principalmente por generar grietas inclinadas.

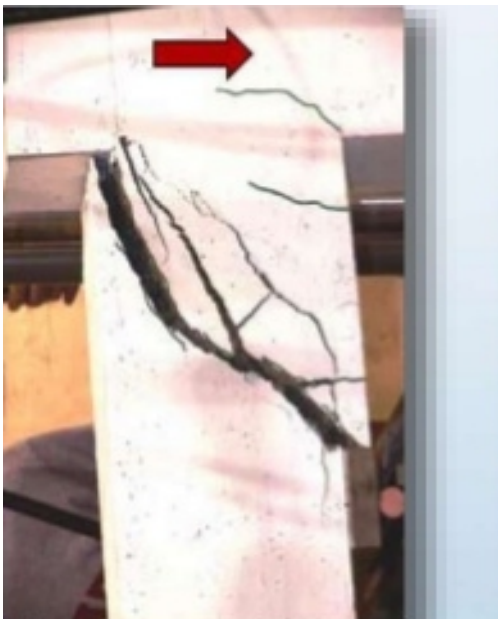


Figura 1.17. Falla por cortante en parte superior de la columna



Figura 1.18. Falla por cortante en parte inferior de la columna

## **Formulación del problema**

(BEHAR RIVERO, 2008 pág. 27) Indica que: Es el resultado de buscar mejoras y soluciones mediante el conocimiento teórico y empírico logrando así formular con precisión y claridad el problema que el investigador pretende solucionar.

### **Problema general**

- ✓ ¿De qué manera influye el uso de la fibra de carbono como reforzamiento estructural en columnas de concreto, Lima, 2019?

### **Problemas específicos**

- ✓ ¿De qué manera influye el uso de la fibra de carbono para aumentar la resistencia a la flexión del concreto, Lima, 2019?
- ✓ ¿De qué manera influye el uso de la fibra de carbono para aumentar la resistencia a la compresión del concreto, Lima, 2019?
- ✓ ¿De qué manera influye el uso de la fibra de carbono para aumentar la resistencia a la tracción del concreto, Lima, 2019?

## **Justificación de estudio**

Según (Carrasco Diaz, 2006 pág. 117) nos indica que: todo proyecto de investigación requiere obligatoriamente el ser justificado, por consiguiente expresar el motivo por el cual se realiza el estudio.

### ***a) Justificación teórica:***

Se desea enfocar el sistema de refuerzo estructural para aportar al conocimiento ya existente, sobre métodos de reforzamiento estructural en columnas de concreto, cuyos resultados obtenidos en esta investigación podrá demostrar la eficiencia con el uso de fibras de carbono.

### ***b) Justificación Práctica:***

Esta investigación busca demostrar y mejorar las propiedades de las columnas de concreto como material compuesto con el uso de láminas de fibras de carbono como reforzamiento estructural, puesto que es un método actualmente empleado en el mundo en estructuras que no cumplen la funcionalidad por el cual fueron diseñadas, el fin de ciclo de servicio de la estructura para el cual requieren rehabilitaciones o por diferentes posibles causas que necesiten reforzamiento estructural.

### ***c) Justificación metodológica:***

Se investigará el uso de fibras de carbono como método de reforzamiento estructural aplicando métodos científicos, el cual será estudiado por medio verídicos, demostrando su validez y confiabilidad para así poder ser aplicados y utilizados como guía para futuros proyectos de investigación respecto al tema estudiado.

### ***d) Justificación socioeconómica:***

La presente investigación contribuye de forma positiva en la mejora de propiedades como alternativa de reforzamiento estructural, optimizando tiempo y costos. Por el cual esta tesis se va a enfocar en brindar los beneficios con el uso de fibras de carbono como reforzamiento estructural, para así tener nuevas consideraciones y conocimiento en métodos de refuerzo estructural.

## **Hipótesis**

(Behar Rivero, 2008 pág. 31) Nos indica que: la hipótesis es el generar nuevos e innovadores conocimientos por medio de posibles suposiciones a los problemas y hechos orientados a otros.

### **Hipótesis general**

El uso de fibras de carbono influye como reforzamiento estructural en columnas de concreto, Lima, 2019

### **Hipótesis específicas**

El uso de fibras de carbono sí influye para aumentar la resistencia a la flexión del concreto, Lima, 2019

El uso de fibras de carbono si influye para aumentar la resistencia a la compresión del concreto, Lima, 2019

El uso de fibras de carbono si influye para aumentar la resistencia a la tracción del concreto, Lima, 2019

## **Objetivo**

(TROCHIM P., 2008) El objetivo de la investigación lleva a resolver el problema y responder con claridad y coherencia, que representan las intenciones del autor en la investigación.

### **Objetivo general**

Determinar el comportamiento de la columna de concreto con el uso de fibras de carbono como refuerzo estructural.

### **Objetivos específicos**

Determinar el comportamiento del concreto para aumentar la resistencia a la flexión con el uso de fibras de carbono

Determinar el comportamiento del concreto para aumentar la resistencia a la compresión con el uso de fibras de carbono

Determinar el comportamiento del concreto para aumentar la resistencia a la tracción con el uso de fibras de carbono

## **II. MÉTODO**



## 2.1. Diseño, tipo, nivel y enfoque de investigación

### Diseño de investigación

Según (CARRASCO DIAZ, 2006 pág. 58) el diseño de la investigación experimental es: cuando el autor logra manipular la variable o las variables independientes.

Según lo ya mencionado, podemos definir que el diseño que se utilizará en esta investigación será el *de tipo experimental*, por lo que manipularemos la variable independiente de forma intencional.

### Tipo de investigación

(SUPO CONDORI, 2013) La investigación aplicada pretende la mejora y la producción de bienes, conocimientos y servicios a la población en la cual se analizan cada proceso y etapa.

Según lo ya mencionado, en este presente estudio se empleará la investigación de *tipo aplicada*, debido a que logrará generar conocimientos a través el uso de la fibra de carbono como método de reforzamiento estructural.

### Nivel de investigación

Según (MARROQUIN PEÑA, 2012 pág. 4) el nivel de tipo explicativo: pretende establecer la relación causal de las variables, así como describe el problema, encontrar las causas de raíz.

Según lo dicho, el nivel de investigación que se empleará será un **nivel de tipo explicativo**, ya que buscamos explicar cómo influye la fibra de carbono como refuerzo estructural.

## **Enfoque de investigación**

Según (VALDERRAMA MENDOZA, 2013 pág. 106) indica que: la investigación de enfoque cuantitativo adquiere los datos a base de datos estadísticos, numéricos para poder así aceptar o rechazar la hipótesis planteada.

Según lo mencionado, esta investigación tendrá un **enfoque cuantitativo**, puesto que los datos que obtendremos en la ficha técnica de los ensayos son valores numéricos, estadísticos.

## **2.2. Variables, operacionalización**

### **Variables**

Según, (HERNANDEZ SAMPIERI, 2014 pág. 105): Las variables características y propiedades que pueden ser medibles y observables por el ser humano, siendo su clasificación de diversas formas según el tipo de investigación a realizarse.

- La fibra de carbono

Definición conceptual:

Según (MIRA VETE, 2007 pág. 56) indica que: La fibra de carbono es uno de los materiales con una variedad de beneficios de aplicaciones estructurales que son sometidas a cargas cíclicas o fatiga. De igual manera su comportamiento y propiedades se caracterizan por un alto nivel de resistencia.

- Columna de concreto

Definición conceptual:

(HARMSSEN GOMEZ, 2008 pág. 251) Las columnas son elementos estructurales encargadas de transmitir y resistir cargas sometidas a compresión axial, Así mismo estas actúan frente al corte y flexión, puesto que al ser una estructura de concreto armado, esta presenta momentos flectores.

- Operacionalización

**MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN**

**TÍTULO:** Uso de fibras de carbono como reforzamiento estructural en columnas de concreto, Lima, 2019

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
Columna de concreto	Las columnas son elementos estructurales de gran importancia, estos elementos son verticales que están sometidas comúnmente a esfuerzos de compresión, encargados también de transmitir las cargas ejercidas a la cimentación; son uno de los elementos más importantes de toda estructura.	Las columnas son elementos estructurales muy importantes de la estructura que en muchas ocasiones fallan por diferentes aspectos y razones, las fallas más comunes en las columnas son fallas por compresión, y flexo-compresión.	Falla compresión Falla por flexión Falla por tracción	Resistencia compresión concreto adherencia Desplazamiento ductilidad	Ensayo de resistencia a la compresión Ensayo de resistencia a la flexión Ensayo de resistencia a la tracción
La fibra de carbono	Es un polímero que se obtiene a partir de otro llamado poliacrilonitrilo, consistiendo en láminas muy finas de carbono, las cuales se agrupan continuamente para formar un hilo con varias hebras, para sus diversas aplicaciones en la ingeniería.	La fibra de carbono, es un polímero comúnmente usado como reforzamiento estructural; el cual mejora los parámetros de aumento de capacidad de carga, adherencia, capacidad de resistencia a la compresión y flexión, así mismo resistencia a la tracción.	Refuerzo a la flexión Refuerzo por compresión Refuerzo a la tracción	Resistencia Rigidez Antisísmico Desplazamiento Peso liviano Rigidez Resistencia confinamiento Mitiga los efectos de los sismos	Ensayo de resistencia a la flexión Ensayo de resistencia a la compresión Ensayo de resistencia a la tracción

## 2.3. Unidad de análisis, población, muestra y muestreo

### Unidad de análisis

La unidad de análisis según (CARRASCO DIAZ, 2006 pág. 239): Es la unidad que conforma la base de dicha muestra y por consiguiente también la población.

Por lo que nuestra unidad de análisis es la columna de concreto.

### Población

(BEHAR RIVERO, 2008 pág. 51): Se llama población al universo de elementos definidos a seleccionar para dicha investigación.

En esta investigación la población será el conjunto de probetas de concreto del laboratorio de la UNI.

### Muestra

Según (HERNANDEZ SAMPIERI, 2014 pág. 174): La muestra es un subconjunto de la población, en pocas palabras es la delimitación donde se escogerá en que elementos se aplicara el diseño.

Nuestra muestra en esta investigación son 18 probetas de concreto con especificaciones técnicas de diseño realizadas en el laboratorio de la UNI

### Muestreo

(VALDERRAMA MENDOZA, 2013 pág. 193) Indica que: el muestreo no probabilístico se define por que el autor elige de forma intencional los elementos del conjunto a experimentar.

El tipo de muestreo es *no probabilístico*, puesto que elegimos intencionalmente las columnas donde se hará la investigación científica.

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### Técnica seleccionada

Según el autor (MINGRONE DE CAMAROTA, 2007 pág. 73): El fichaje es la toma de información de fuentes confiables, toma de datos directos, reportes técnicos, diversas publicaciones, etc.

En el universo de técnicas a seleccionar, en esta investigación utilizaremos de forma conveniente la *técnica del fichaje*, puesto que esta técnica toma datos de fuentes confiables: libros, reportes, informes técnicos, revistas, etc.

### Instrumento

(CARRASCO DIAZ, 2006 pág. 334) Indica que: Los instrumentos de investigación se eligen según las características del problema que resolveremos y observásemos según la intención y objetivo de la investigación.

#### • Instrumento seleccionado

El instrumento utilizado para la medición de esta investigación será *el ensayo de resistencia a la flexión, compresión y tracción*.

### Validez

(SAÉNZ LOPEZ, y otros, 2012 pág. 73): En una investigación es una forma de medición que verifica la validez del instrumento puedan medir por medio de pruebas que corresponden a cada investigación, el cual posee rangos y magnitudes de validez como se indica en la tabla 2.1.

La validez de las fichas técnicas de los instrumentos utilizados serán las firmas de 3 ingeniero especialistas en la materia, así mismo la validez del instrumento será la firma del especialista del laboratorio encargado de realizar los ensayos.

## **Confiabilidad**

Según (HERNANDEZ SAMPIERI, y otros, 2014 pág. 207) indica que: La confiabilidad se conceptualiza en las diferentes formas que se puede representar de forma precisa al instrumento de investigación escogido, con la finalidad que esta tenga mayor fiabilidad y confianza.

La confiabilidad en esta investigación será el de encontrar mayor fiabilidad al instrumento escogido, por medio de una correcta calibración de los instrumentos, así como los ISOS que cuentan los laboratorios, de tal manera que encontremos los resultados más precisos y verídicos a lo que se busca demostrar en la investigación.

### **2.5. Método de análisis de datos**

Según (VALDERRAMA MENDOZA, 2013 pág. 229) nos dice que: Después de haber obtenido los resultados pasamos a analizarlos y evaluarlos con el fin de poder responder los problemas planteados, de igual manera poder verificar si las hipótesis planteadas se aceptan o rechazan.

Para el método de análisis de esta investigación, se realizarán análisis y estudios según las dimensiones tomados en la investigación con la aplicación de fibra de carbono y sin aplicar la fibra de carbono y ver en qué porcentaje aumenta la resistencia a la flexión y compresión.

### **2.6. Aspectos éticos**

Según (HERNÁNDEZ MELÉNDEZ, 2006 pág. 38): En los aspectos éticos tenemos en cuenta diversos aspectos, tanto en donde se aplicara el estudio, como la población de esta misma, teniendo presente el respetar los diversos recursos, sin afectarlos de forma negativa, así mismo respetar la autoría de los textos mencionados en esta dicha investigación

Esta presente investigación se realizó teniendo en cuenta los respectivos aspectos éticos en todos los aspectos, respetando la autoría de los investigadores mencionados, así como no afectar de forma negativa directamente a la localidad en donde se aplicará esta investigación.

### **III. RESULTADOS**



### 3.1. Diseño de la mezcla

#### Materiales de la mezcla (ver figura 1.18)

- Cemento:

Se utilizó cemento SOL Tipo I

- Agregado fino:

Se utilizó arena gruesa procedente de la cantera de S.J.L., las características del agregado fino se indican en el ANEXO 4

- Agregado grueso:

Se utilizó piedra chancada de la cantera de S.J.L., las características del agregado fino se indican en el ANEXO 5

- Agua:

Procedente de la Universidad Nacional de Ingeniería



Figura 1.18 Materiales para la mezcla

## Diseño final

Para una mezcla de concreto con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> según lo solicitado (ver figura 1.19).



Accreditation Board for engineering and Technology  
Engineering Technology Accreditation Commission

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Expediente N° : 19-1527

Pág. 2 de 5

### 2.0 DISEÑO DE MEZCLAS FINAL ( f'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup> ) CEMENTO SOL Tipo I

#### 2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Denominación	.....	f'c = 210 Kg/cm <sup>2</sup>
Asentamiento	.....	3"
Relación a/c de diseño	.....	0.53
Relación a/c de obra	.....	0.52
Proporciones de diseño	.....	1 : 2.12 : 2.27
Proporciones de obra	.....	1 : 2.16 : 2.27

#### 2.2 CANTIDAD DE MATERIAL DE DISEÑO POR m<sup>3</sup> DE CONCRETO

Cemento	.....	395 Kg
Arena	.....	836 Kg
Piedra	.....	895 Kg
Agua	.....	209 L

#### 2.3 CANTIDAD DE MATERIAL POR m<sup>3</sup> DE CONCRETO EN OBRA

Cemento	.....	395 Kg
Arena	.....	853 Kg
Piedra	.....	898 Kg
Agua	.....	204 L

#### 2.4 CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA

Cemento	.....	42.50 Kg
Arena	.....	91.87 Kg
Piedra	.....	96.63 Kg
Agua	.....	21.96 L

#### 2.5 PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN

Proporciones	.....	CEMENTO	ARENA	PIEDRA
Agua	.....	1	2.10	2.38
	.....	21.96	L/bolsa	

### 3.0 OBSERVACIONES:

- 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- 2) Hacer tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
Técnico : Sr. G.P.L.




Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:  
1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNI-LEM**  
La Calidad es nuestro compromiso  
Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú  
(511) 381-3343  
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
lem@uni.edu.pe  
Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



Figura 1.19 Diseño de mezcla final

### 3.2. Preparación de la mezcla

- Pesado y separación en baldes de los agregados como se aprecia en la figura 1.20 y 1.21.



Figura 1.20 Pesado de los agregados



Figura 1.21 Separación de todos los agregados pesados en baldes

- Mezclamos los agregados según el diseño hasta homogenizar en el trompo mezclador (ver figura 1.22 y 1.23).



Figura 1.22 Mezclado de los agregados



Figura 1.23 Preparación de los moldes y aplicación del desmoldante

### 3.3. Fibra de carbono Sika Carbodur

Son láminas de fibra de carbono reforzada con matriz epóxica resistente a la corrosión, el cual se utiliza para reforzamiento estructural de concreto, madera y metal, para los siguientes casos:

- Cambios en el sistema estructural
- Aumento de cargas por cambio de servicio
- Defectos en el proceso constructivo
- Daños a partes estructurales

La fibra de carbono Carbodur presenta las siguientes propiedades en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 Propiedades de la fibra de carbono Carbodur

Propiedades de la fibra Carbodur	
Modulo E	> 165,000 N/mm <sup>2</sup>
Resistencia a la tracción	> 2,800 N/mm <sup>2</sup>
Resistencia a la rotura	3,050 N/mm <sup>2</sup>
Elongación a la rotura	>1.7 %
Densidad	1.5 g/cm <sup>3</sup>

Fuente: hoja técnica fibra de carbono Sika Carbodur

### Fibra de carbono SikaWrap -300C

Es un tejido de fibra de carbono unidireccional en rango intermedio aplicable en seco o húmedo.

Usos de la fibra SikaWrap:

- Incrementar el comportamiento sísmico de los muros de albañilería
- Incrementar la capacidad de carga de los elementos estructurales
- Reemplazar al acero faltante en el concreto
- Cambio de uso de servicio o rehabilitación
- Corregir defectos constructivos
- Aumentar la vida útil y durabilidad
- Incrementar la resistencia y ductilidad de las columnas



La fibra de carbono SikaWrap-300C presenta las siguientes propiedades en la tabla 1.3.

Tabla 1.3 Propiedades de la fibra de carbono SikaWrap-300C

Propiedades de la fibra SikaWrap -300C	
Densidad de la fibra seca	1.82 g/cm <sup>3</sup>
Espesor de la fibra seca	0.167 mm
Densidad de área	304 g/m <sup>2</sup>
Resistencia a la tracción fibra seca	4000 N/mm <sup>2</sup>
Modulo E en tracción fibra seca	230 000 N/m <sup>2</sup>
Elongación de rotura fibra seca	1.70%

### Diseño de refuerzo con Software SIKA CARBODUR V.5

Para calcular la cantidad de fibra de carbono Carbodur a utilizar en las muestras se hará uso del software SIKA CARBODUR v.5 que nos brinda la propia empresa Sika, el cual es una herramienta simple y confiable para dimensionar la sección a reforzar, en vigas y columnas.

El procedimiento de cálculo del software está basado en la Norma ACI 440-2008 “Guía para el diseño y construcción de sistemas FRP adheridos externamente, para el refuerzo de estructuras de concreto” (ver figura 1.24).

Para un mejor dominio del software podemos descargar la guía de usuario que nos brinda la empresa Sika:



Figura 1.24 Guía de usuario Sika CarboDur

## Refuerzo para vigas

- Instalamos el software, seleccionamos el idioma de nuestra elección, Iniciamos el programa, creamos un nuevo proyecto y ponemos un título, seguidamente seleccionamos la Norma a usar (ver figura 1.25 y 1.26).

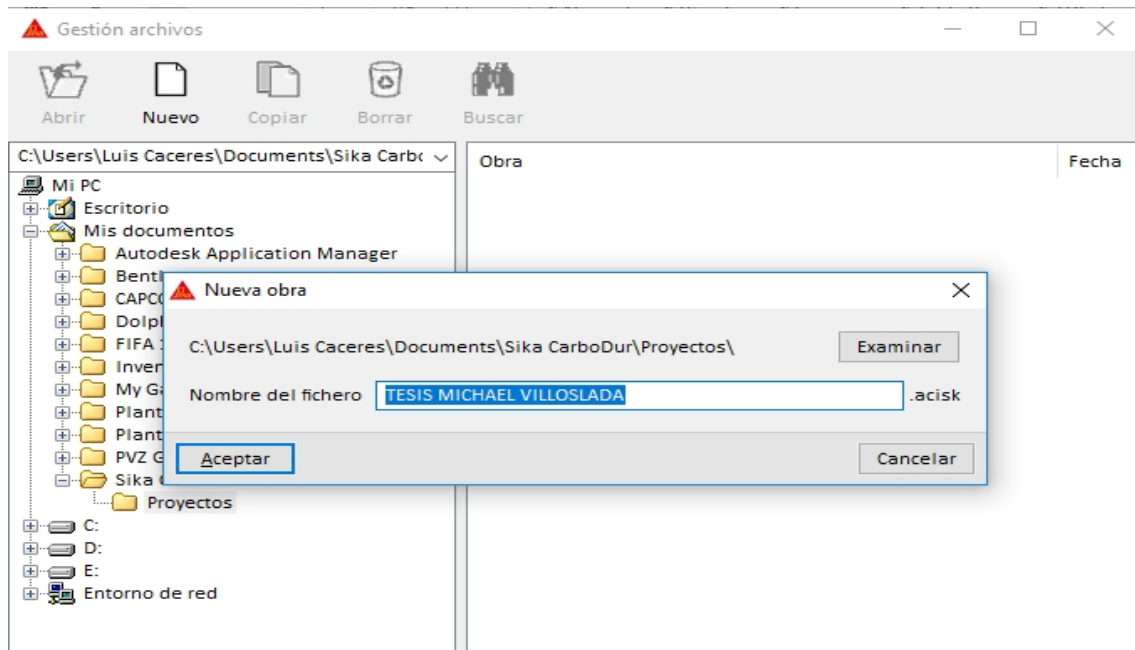


Figura 1.25 Paso 1 software Carbodur

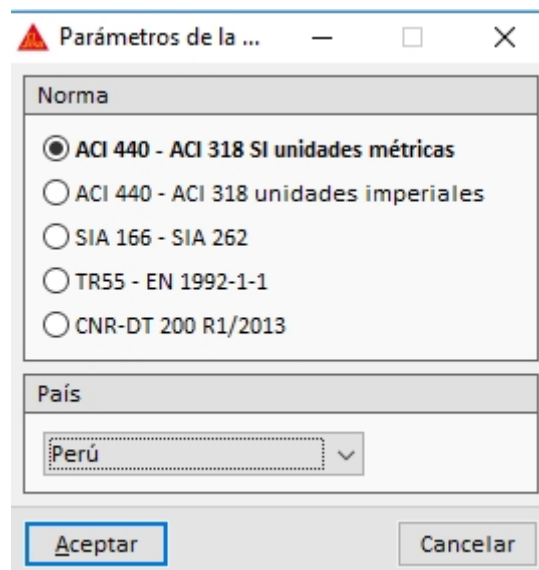


Figura 1.26 Paso 2 software Carbodur

Una vez en el menú del proyecto pasamos a seleccionar el tipo de diseño que queremos obtener, ya sea refuerzo a flexión, cortante, tracción, ya sea en vigas o columnas (ver figura 1.27).

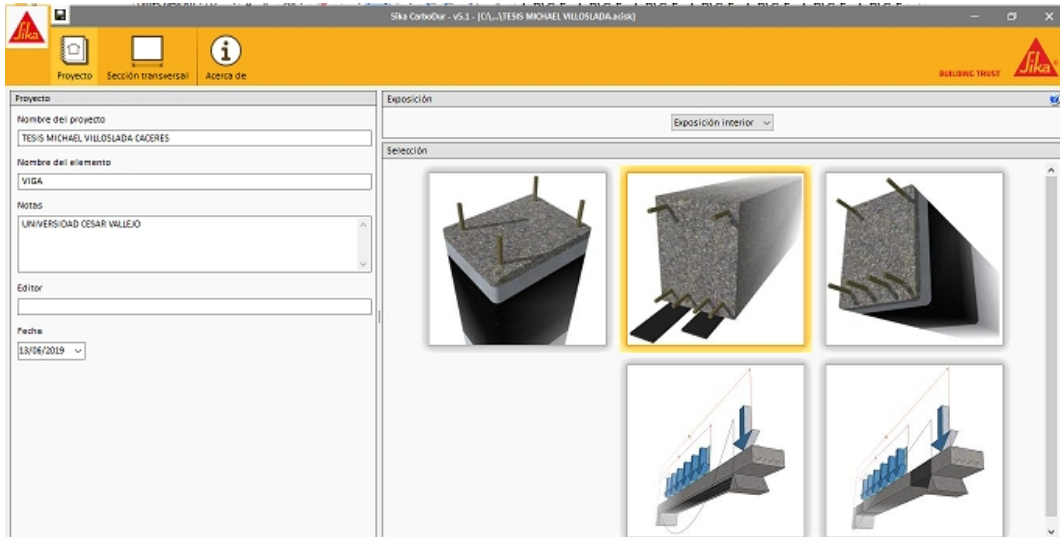


Figura 1.27 Paso 3 software Carbodur

- Pasamos a dimensionar la sección transversal del elemento a reforzar para este caso una viga de 15 x 15 centímetros de sección transversal y también ponemos la resistencia a compresión de la viga a reforzar en unidades mega pascales (ver figura 1.28).

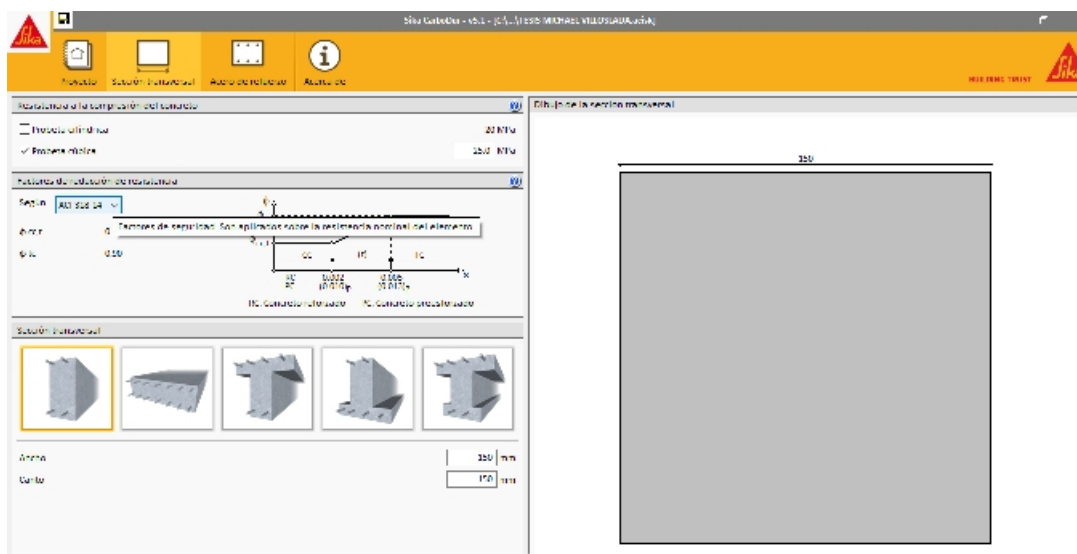


Figura 1.28 Paso 4 software Carbodur



- Pasamos al acero de refuerzo en el cual podemos seleccionar el número de varillas, el diámetro de la varilla y el recubrimiento de la sección (ver figura 1.29).

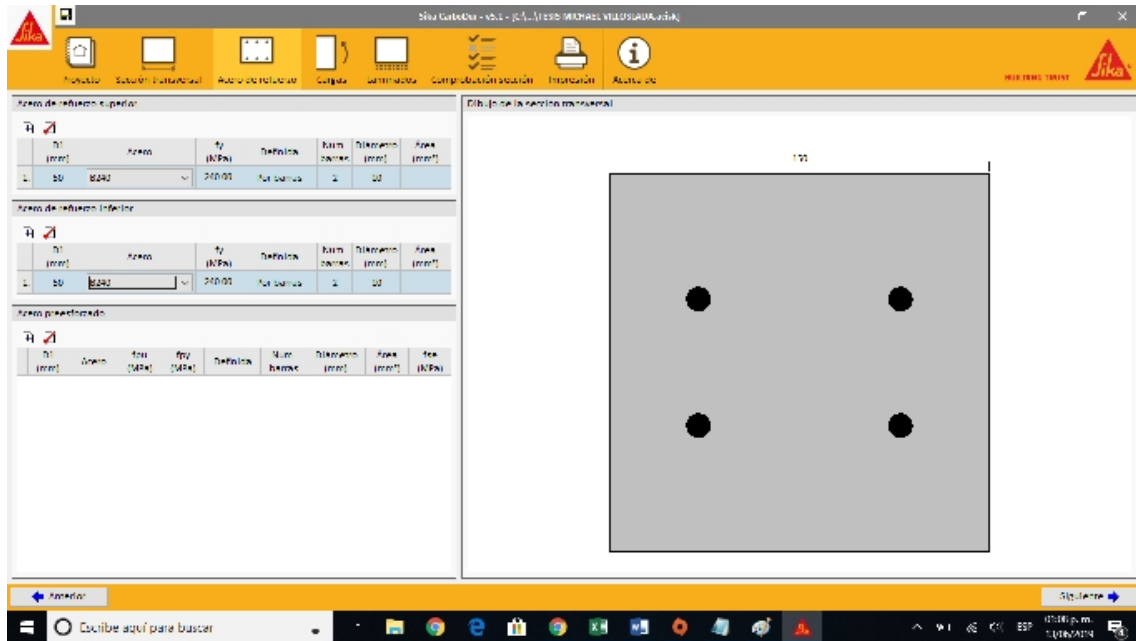


Figura 1.29 Paso 5 software Carbidur

- Pasamos a poner las cargas en las cuales la viga estará expuesta, cargas iniciales y también seleccionamos el tipo de estructura (ver figura 1.30).

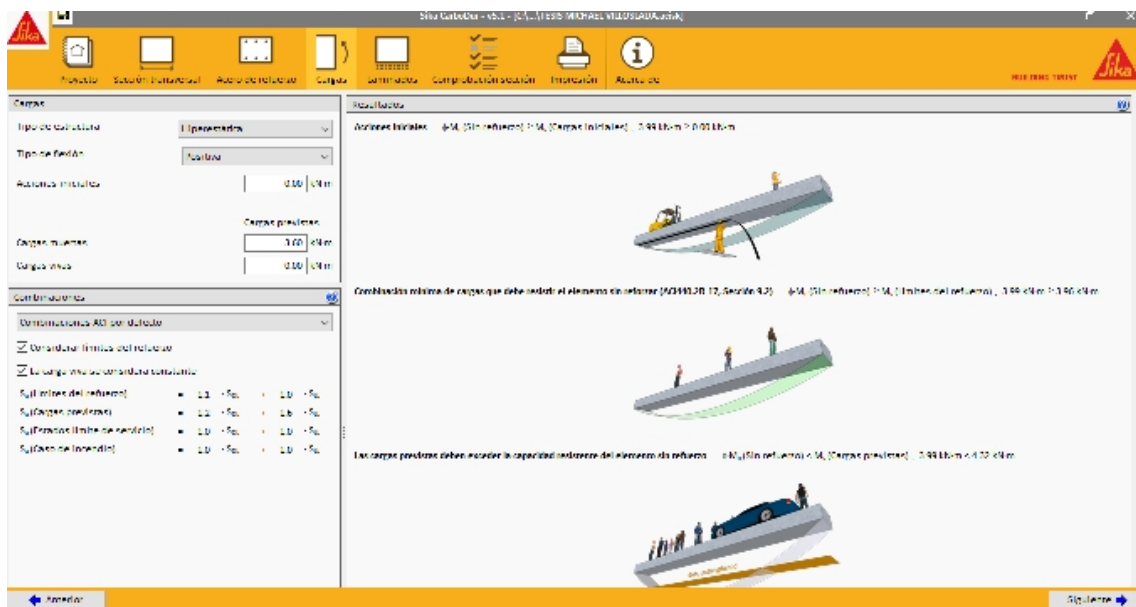


Figura 1.30 Paso 6 software Carbidur

- Pasamos al laminado en donde para este caso tenemos un refuerzo FRP principal con sika Carbodur S512 (ver figura 1.31).

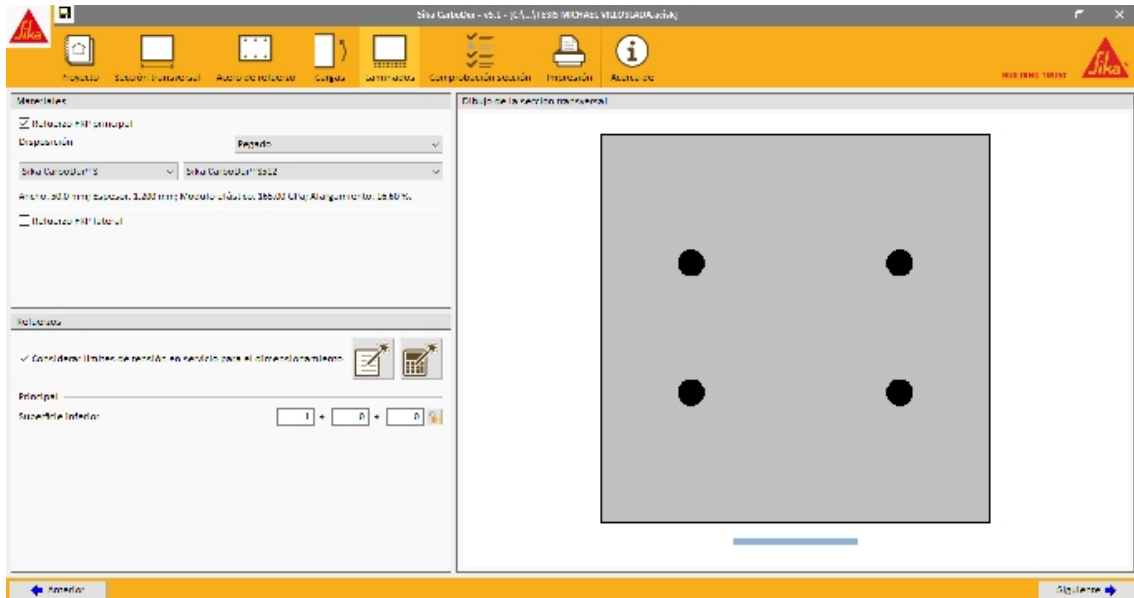


Figura 1.31 Paso 7 software Carbodur

- Finalmente obtenemos el diseño de disposición de la Fibra de carbono, el tipo de laminado el cual fue Unidireccional pultruido de CFRP en la base de la viga de forma longitudinal (ver figura 1.32).

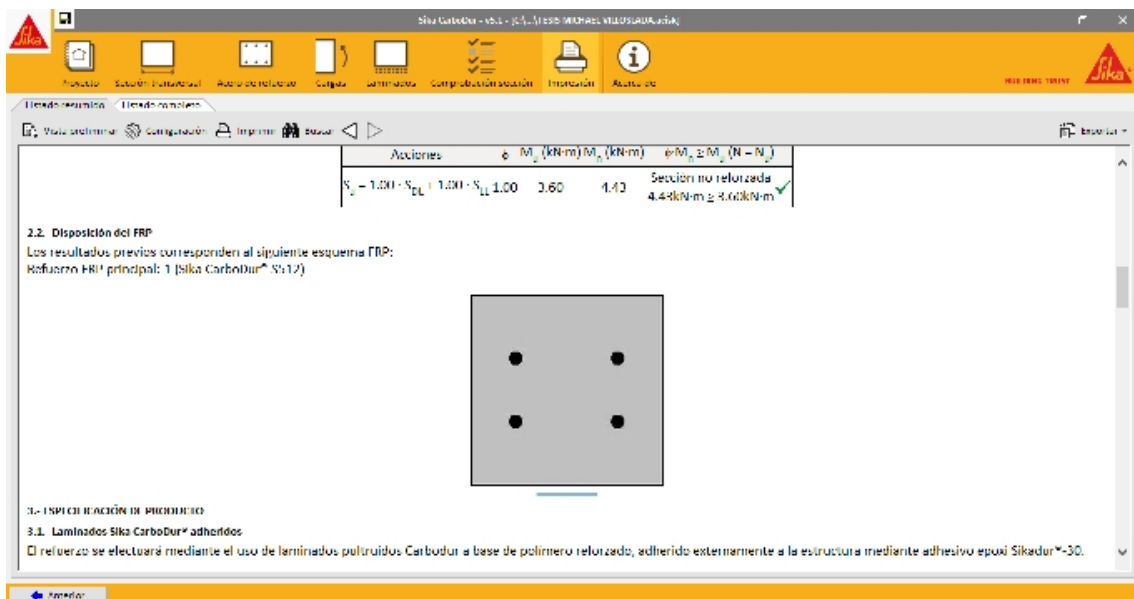


Figura 1.32 Paso 8 software Carbodur

## Refuerzo para probetas cilíndricas

- Instalamos el software, seleccionamos el idioma de nuestra elección, Iniciamos el programa, creamos un nuevo proyecto y ponemos un título, la norma a usar, el nombre del elemento y la fecha que se hace el diseño (ver figura 1.33).

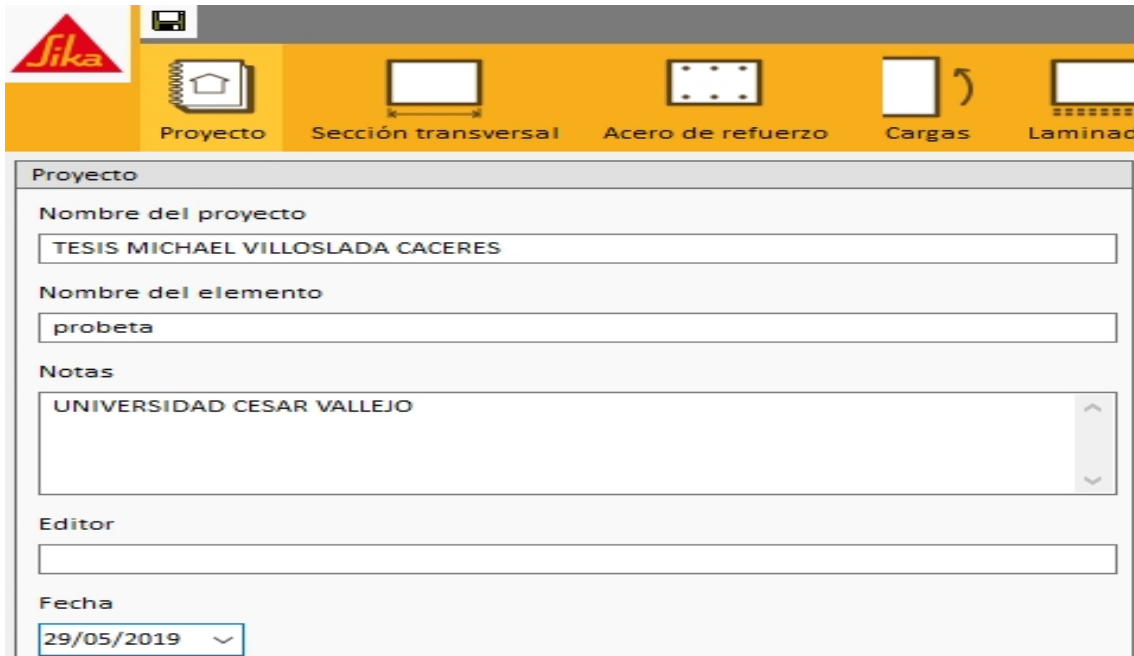


Figura 1.33 Paso 1 probeta software Carbodur

- Pasamos a seleccionar el tipo de refuerzo que necesitamos, en este caso refuerzo de pilar (ver figura 1.34).

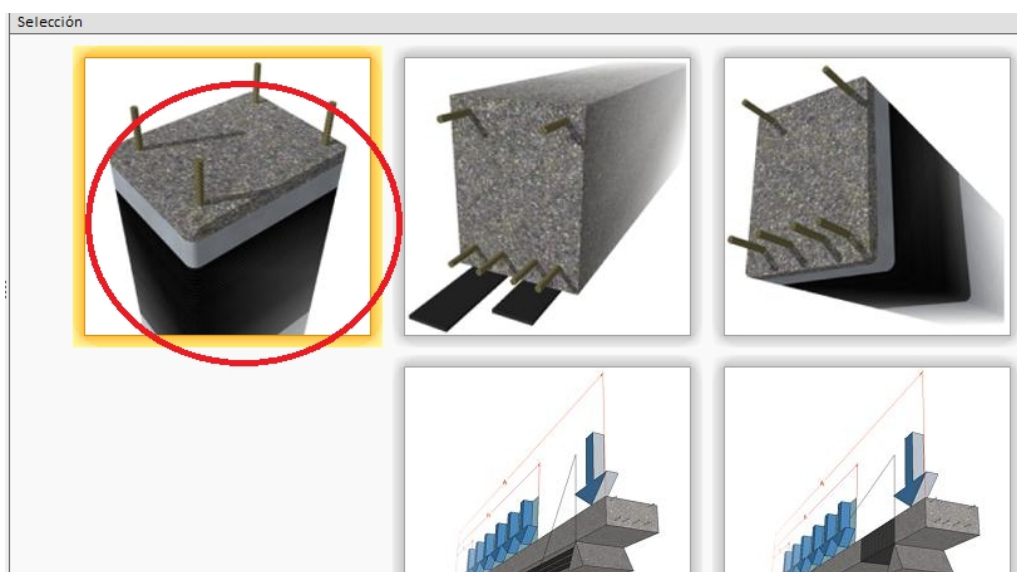


Figura 1.34 Paso 2 probetas software Carbodur

- En la pestaña de sección transversal, ponemos la resistencia a compresión del concreto, el tipo de sección (cilíndrica para este caso), y el diámetro de esta (ver figura 1.35).

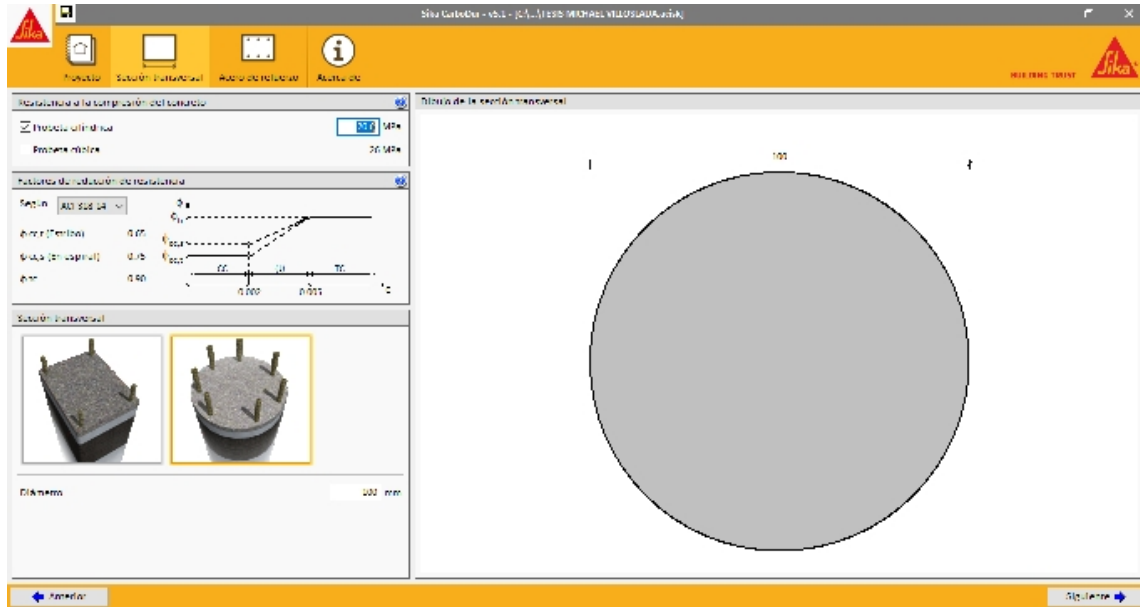


Figura 1.35 Paso 3 probetas software Carbodur

- La siguiente pestaña en acero de refuerzo, seleccionamos el número de barras, el diámetro del acero y el recubrimiento (ver figura 1.36).

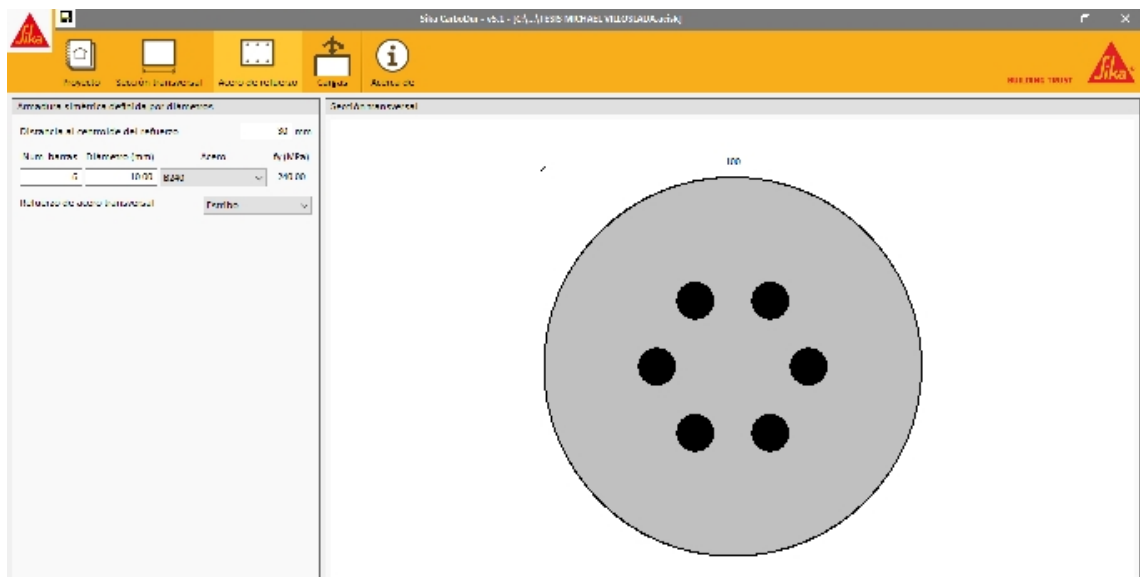


Figura 1.36 Paso 4 probetas software Carbodur

- En la pestaña de cargas podremos poner las cargas muertas y vivas para el diseño que soportará la estructura, así mismo los momentos en ambas direcciones (ver figura 1.37).

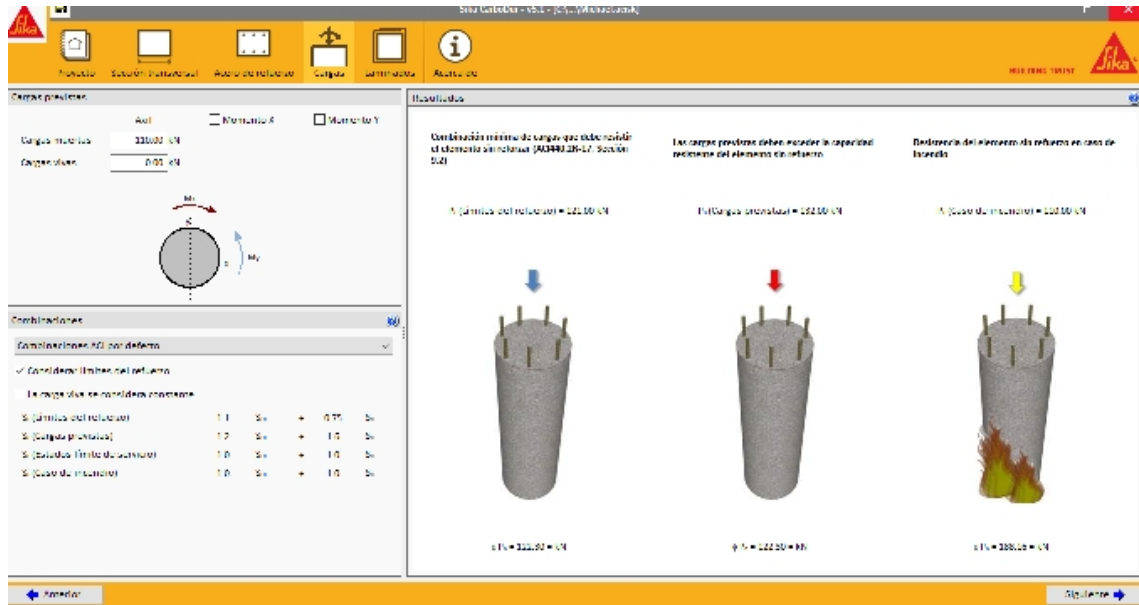


Figura 1.37 Paso 5 probetas software Carבודur

- En el laminado tenemos el tipo de fibra a usar, el cual el programa indico el uso de fibra SikaWarp, el número de capas de fibra siendo solo 1 capa y también observamos la curva de tensión – deformación del concreto (ver figura 1.38).

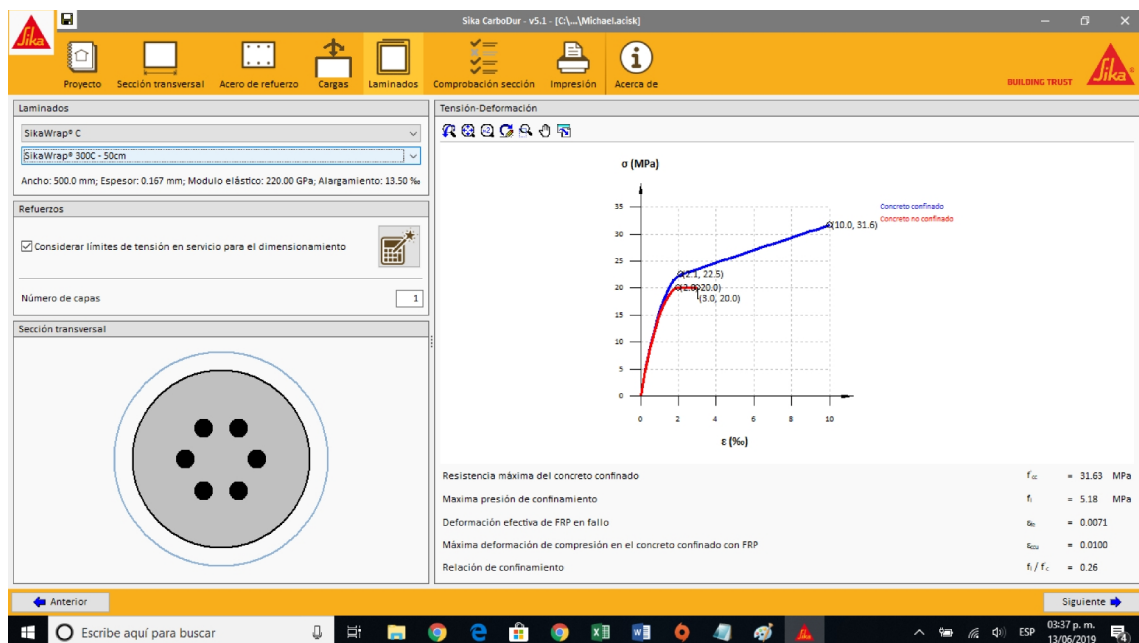


Figura 1.38 Paso 6 probetas software Carבודur

Finalmente tenemos los resultados del diseño el cual nos indica la aplicación de la fibra de carbono a lo largo de la probeta y solo será suficiente aplicar una capa de fibra (ver figura 1.39).

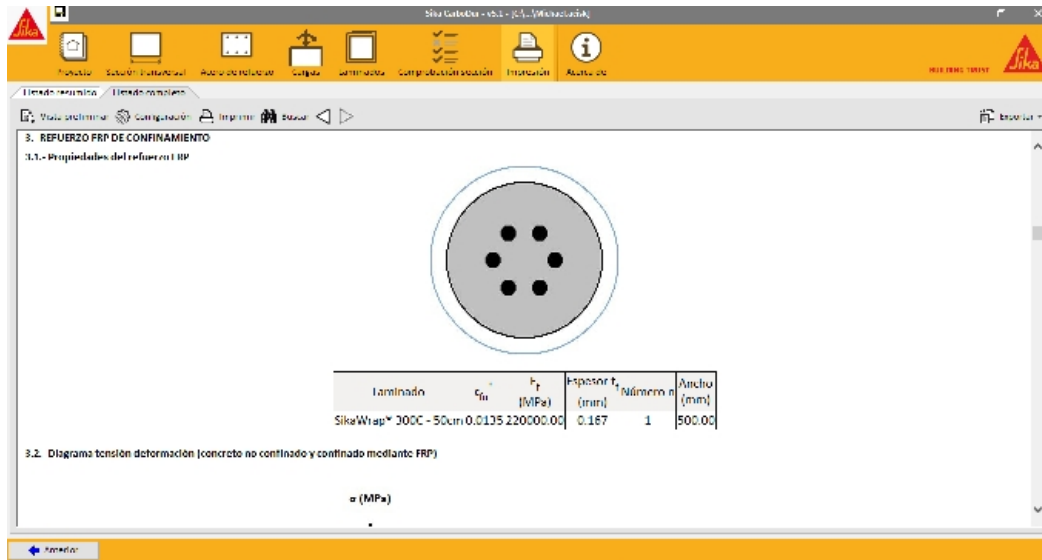


Figura 1.39 Paso 7 probetas software Carbodur

### 3.4. Ensayo de compresión y tracción

Los resultados de esta prueba sirven principalmente para determinar que el concreto logre cumplir con las resistencias para el cual fueron diseñadas según las especificaciones del proyecto.

Para esta prueba se utilizan probetas cilíndricas con el fin de controlar la calidad, así mismo la aceptación del concreto, y principalmente determinar la resistencia máxima de este mismo. Las probetas cilíndricas se elaboran y curan por medio de procedimientos establecidos y dados en probetas curadas de manera estándar según norma IRAM 1524 y ASTM C31 “Práctica estándar para elaborar y curar cilindros de ensayo de concreto en campo”.

Las probetas cilíndricas son sometidas al ensayo a la resistencia de compresión según el ASTM C39, “Método estándar de prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto” y al ensayo de tracción por compresión diametral según el ASTM C496, “Método de prueba estándar para Determinación de la resistencia a la tracción por compresión diametral de especímenes cilíndricos de hormigón”.

Por lo que para este proyecto se elaboró 12 probetas cilíndricas de 10 x 20 cm que serán sometidos 6 probetas al ensayo a la compresión y 6 probetas al ensayo de tracción a los 7, 14 y 28 días.

### **Elaboración de las probetas**

Para este estudio se elaboró 12 probetas de concreto para prueba de resistencia a la compresión y tracción bajo la norma ASTM C31, en el cual 6 estarán reforzadas con fibra de carbono y 6 sin reforzamiento ensayados a los 7, 14 y 28 días.

- Moldes cilíndricos de 20 centímetros de altura por 10 centímetros de diámetro (ver figura 1.40).



Figura 1.40 Moldes cilíndricos 1

- Aplicamos el desmoldante a base de petróleo a los moldes cilíndricos (ver figura 1.41).



Figura 1.41 Aplicación del desmoldante en probetas



- Procedemos al llenado del concreto supervisado con técnicos y el jefe del laboratorio para un  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , así mismo según el ASTM C31 nos recomienda para el llenado de las probetas se debe realizar en 2 capas de altura similar con 25 golpes por capa con un apisonamiento con varilla de 10mm de diámetro, así como un mazo de goma para poder golpear el exterior del molde de 10 a 15 veces y llenar los huecos que dejó la varilla de compactación. (ver figura 1.42).



Figura 1.42 Llenado de concreto moldes 1

### **Desenfofrado y curado de probetas**

- Se pasa a desenfofrar las probetas después de haber transcurrido 48 horas del vaciado y de haber sido almacenadas en un ambiente húmedo (ver figuras 1.43 y 1.44).



Figura 1.43 Desenfofrado vigas moldes





Figura 1.44 Desencofrado de probetas 1

- Luego de desencofrar pasamos la probetas a la cámara de curado para ser ensayadas a los 7, 14 y 28 días (ver figura 1.45).



Figura 1.45 Probetas en cámara de curado

### **Reforzamiento de las probetas con fibra de carbono “SikaWrap”**

- El concreto debe estar seco, limpio, libre de grasa y aceites. Para empezar escarificamos la superficie de la probeta con una amoladora para evitar que alguna imperfección del concreto corte la fibra de carbono, luego eliminar el polvo de la superficie con una aspiradora industrial, así mismo la superficie debe ser uniforme para la posterior aplicación de la fibra (ver figura 1.46).



Figura 1.46 Escarificando con amoladora

- Pasamos a cortar la fibra de carbono según las dimensiones requeridas de las probetas a reforzar, como podemos ver en la figura 1.47.

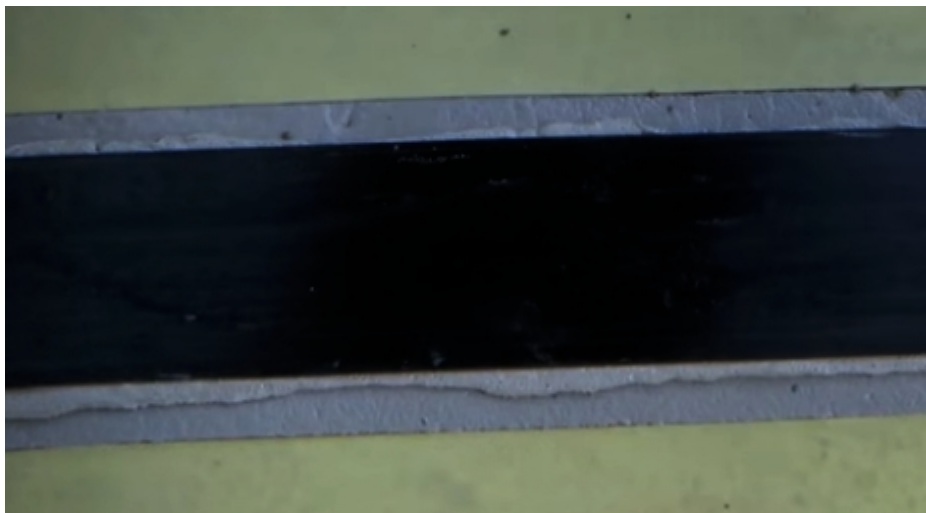


Figura 1.47 Corte de la fibra de carbono Carbodur

- Pasamos a la mezclar el adhesivo Sikadur 301 – componente A Y componente B para aplicarlo sobre la superficie preparada para la colocación de las fibras Carbodur (ver figura 1.48).



Figura 1.48 Componentes A Y B – Sikadur – 301

- Mezclamos hasta obtener una mezcla uniforme y grisasea para obtener optimos resultados como se aprecia en la figura 1.49 y 1.50.



Figura 1.49 Mezcla de los componentes Sikadur - 301



Figura 1.50 Reforzamiento de probetas cilíndricas con SikaWrap

### **Ensayo de probetas en Laboratorio**

Se realizó los ensayos correspondientes en el laboratorio N° 1 de ensayos de materiales en la UNI, se realizó 6 prueba de compresión y 6 pruebas de tracción en muestras cilíndricas de concreto aplicados en una máquina de ensayo uniaxial TONI/TECHNICK con certificado de calibración LFP- 221-2018.

### **Ensayo de resistencia a la compresión**

Según las normas establecidas NTP 339.034:2015 y ASTM C39 se realizó la prueba de resistencia a la compresión en las probetas fabricadas obteniendo los siguientes resultados a los 7, 14 y 28 días con y sin refuerzo estructural Carbodur como se aprecia en las figuras 1.51 y 1.52.



Figura 1.51 Ensayo de compresión en probetas



Figura 1.52 Ensayo de resistencia a la compresión 2

**Resultados a los 7 días ensayo de resistencia a la compresión:** (ver tabla 1.4)

Tabla 1.4 Ensayo 7 días compresión

N°	Identificación de muestra	Fecha		Diámetro (mm)	Altura (mm)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo rotura
		Obtención	Ensayo					
1	Sin fibra	07/05/2019	14/05/2019	1023	2101	15609	186.3	2
				1034	2100			
2	Con fibra	07/05/2019	14/05/2019	1022	2050	30366	362.4	2
				1035	2051			

Interpretación:

- La probeta sin refuerzo de fibra de carbono ensayada a los 7 días logró una resistencia máxima a la compresión de 186.3 kg/cm<sup>2</sup> con una rotura tipo 2 cuando se aplicó una carga máxima de 15609 kg
- La probeta con refuerzo de fibra de carbono ensayada a los 7 días logró una resistencia máxima a la compresión de 362.4 kg/cm<sup>2</sup> con una rotura tipo 2 cuando se aplicó una carga máxima de 30366 kg
- Por lo que la muestra reforzada con fibra de carbono Sikawrap logro un aumento aproximado en la resistencia máxima a la compresión del 94.52% respecto a la que no fue reforzada.

**Resultados a los 14 días ensayo de resistencia a la compresión:** (ver tabla 1.5)

Tabla 1.5 Ensayo 14 días compresión

N°	Identificación de muestra	Fecha		Diámetro (mm)	Altura (mm)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo rotura
		Obtención	Ensayo					
1	Sin fibra	07/05/2019	21/05/2019	1022	2002	17515	209	2
				1024	2003			
2	Con fibra	07/05/2019	21/05/2019	1020	2004	35015	417.8	2
				1022	2003			

Interpretación:

- La probeta sin refuerzo de fibra de carbono ensayada a los 14 días logró una resistencia máxima a la compresión de 209 kg/cm<sup>2</sup> con una rotura tipo 2 cuando se aplicó una carga máxima de 17515 kg
- La probeta con refuerzo de fibra de carbono ensayada a los 14 días logró una resistencia máxima a la compresión de 417.8 kg/cm<sup>2</sup> con una rotura tipo 2 cuando se aplicó una carga máxima de 35015 kg
- Por lo que la muestra reforzada con fibra de carbono Sikawrap logro un aumento aproximado en la resistencia máxima a la compresión del 99.9% respecto a la que no fue reforzada.

**Resultados a los 28 días ensayo de resistencia a la compresión:** (ver tabla 1.6)

Tabla 1.6 Ensayo 28 días compresión

N°	Identificación de muestra	Fecha		Diámetro (mm)	Altura (mm)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo rotura
		Obtención	Ensayo					
1	Sin fibra	07/05/2019	04/06/2019	1022	2002	18908	225.6	2
				1024	2003			
2	Con fibra	07/05/2019	04/06/2019	1020	2004	40365	481.7	2
				1022	2003			

Interpretación:

- La probeta sin refuerzo de fibra de carbono ensayada a los 28 días logró una resistencia máxima a la compresión de 225.6 kg/cm<sup>2</sup> con una rotura tipo 2 cuando se aplicó una carga máxima de 18908 kg
- La probeta con refuerzo de fibra de carbono ensayada a los 28 días logró una resistencia máxima a la compresión de 418.7 kg/cm<sup>2</sup> con una rotura tipo 2 cuando se aplicó una carga máxima de 40365 6kg
- Por lo que la muestra reforzada con fibra de carbono Sikawrap logro un aumento aproximado en la resistencia máxima a la compresión del 85.6% respecto a la que no fue reforzada.



## Ensayo de resistencia a la tracción

Según las normas establecidas NTP 339.084 y el ASTM C496 se hizo la prueba de resistencia a la tracción por compresión diametral en las probetas fabricadas obteniendo los siguientes resultados a los 7, 14 y 28 días con y sin refuerzo estructural Carbodur como podemos visualizar en las figuras 1.53 y 1.54.



Figura 1.53 Ensayo de tracción en probetas



Figura 1.54 Tipo de rotura 2 en ensayo de tracción



**Resultados a los 7 días ensayo de resistencia a la tracción:** (ver tabla 1.7)

Tabla 1.17 Ensayo 7 días tracción

N°	Identificación de muestra	Fecha		Diámetro (mm)	Altura (mm)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
		Obtención	Ensayo				
1	Sin fibra	07/05/2019	14/05/2019	1013	2151	13441	42.8
				1014	2153		
2	Con fibra	07/05/2019	14/05/2019	1010	2061	24506	78.6
				1008	2064		

Interpretación:

- La probeta sin refuerzo de fibra de carbono ensayada a los 7 días logró una resistencia máxima a la tracción de 42.8 kg/cm<sup>2</sup> cuando se aplicó una carga máxima de 13441 kg
- La probeta con refuerzo de fibra de carbono ensayada a los 7 días logró una resistencia máxima a la tracción de 78.6 kg/cm<sup>2</sup> cuando se aplicó una carga máxima de 24506 kg
- Por lo que la muestra reforzada con fibra de carbono Sikawrap logro un aumento aproximado en la resistencia máxima a la tracción del 83.6% respecto a la que no fue reforzada.

**Resultados a los 14 días ensayo de resistencia a la tracción:** (ver tabla 1.8)

Tabla 1.8 Ensayo 14 días tracción

N°	Identificación de muestra	Fecha		Diámetro (mm)	Altura (mm)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
		Obtención	Ensayo				
1	Sin fibra	07/05/2019	21/05/2019	1022	2002	13184	42.0
				1024	2003		
2	Con fibra	07/05/2019	21/05/2019	1020	2004	25411	80.9
				1022	2003		

Interpretación:

- La probeta sin refuerzo de fibra de carbono ensayada a los 14 días logró una resistencia máxima a la tracción de 42.0 kg/cm<sup>2</sup> cuando se aplicó una carga máxima de 13184 kg
- La probeta con refuerzo de fibra de carbono ensayada a los 14 días logró una resistencia máxima a la tracción de 80.9 kg/cm<sup>2</sup> cuando se aplicó una carga máxima de 25411 kg
- Por lo que la muestra reforzada con fibra de carbono Sikawrap logro un aumento aproximado en la resistencia máxima a la tracción del 102.25% respecto a la que no fue reforzada.

**Resultados a los 28 días ensayo de resistencia a la tracción:** (ver tabla 1.9)

Tabla 1.9 Ensayo 28 días tracción

N°	Identificación de muestra	Fecha		Diámetro (mm)	Altura (mm)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
		Obtención	Ensayo				
1	Sin fibra	07/05/2019	04/06/2019	1022	2003	13856	44.1
				1024	2002		
2	Con fibra	07/05/2019	04/06/2019	1020	2004	27896	88.8
				1022	2003		

Interpretación:

- La probeta sin refuerzo de fibra de carbono ensayada a los 28 días logró una resistencia máxima a la tracción de 44.1 kg/cm<sup>2</sup> cuando se aplicó una carga máxima de 13856 kg
- La probeta con refuerzo de fibra de carbono ensayada a los 7 días logró una resistencia máxima a la tracción de 88.8 kg/cm<sup>2</sup> cuando se aplicó una carga máxima de 27896 kg
- Por lo que la muestra reforzada con fibra de carbono Sikawrap logro un aumento aproximado en la resistencia máxima a la tracción del 101.4% respecto a la que no fue reforzada.

### 3.5. Ensayo de flexión

Los resultados de esta prueba sirven principalmente para determinar que el concreto logre cumplir con las resistencias para el cual fueron diseñadas según las especificaciones del proyecto.

Para esta prueba se utilizan vigas de 50x15x15 cm para corroborar la calidad del concreto, así mismo su aceptación y poder determinar la resistencia máxima de este mismo. Las vigas se elaboran y curan por medio de procedimientos dados en probetas curadas de manera estándar según norma ASTM C31 “Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra” para determinar la resistencia a flexión del concreto.

#### Elaboración de las vigas

Para este estudio se elaboró 6 vigas de concreto para prueba de resistencia a la compresión y tracción bajo la norma ASTM C31, en el cual 3 estarán reforzadas con fibra de carbono y 3 sin reforzamiento ensayados a los 7, 14 y 28 días (ver figura 1.55).

- Aplicamos el desmoldante a base de petróleo a los moldes de 50x15x15 cms.



Figura 1.55 Aplicación del desmoldante en vigas

- Pasamos a llenar el molde con ayuda de una cuchara y vaciar en 3 capas de volumen equitativo, tener en cuenta que en la última capa se debe llenar el concreto suficiente con el fin de que se llene el molde después de su compactación, así mismo cada una de estas capas se debe compactar con la penetración de la varilla con un número de veces de 25 penetraciones, luego de compactar con la varilla cada una de las capas se pasa a golpear con el mazo de 10 a 15 veces para liberar las burbujas de aire que puedan estar atrapadas por la compactación de la varilla como apreciamos en la figura 1.56.



Figura 1.56 Compactación de vigas

Finalmente enrasar el exceso de concreto y dar el menor número de pasadas con espátula hasta llegar a tener la superficie de los moldes lisos (ver figura 1.57 y 1.58).



Figura 1.57 vigas terminadas



Figura 1.58 Vigas enrasadas y lisas

### **Desencofrado y curado de las vigas**

Después de 48 horas pasamos a desencofrar las vigas para luego ser llevadas a la cámara de curado del laboratorio de la UNI (ver figura 1.59).



Figura 1.59 Desencofrado de vigas

### **Reforzamiento de las vigas con fibra de carbono “Carbodur”**

- La superficie del concreto a reforzar debe estar seco, limpio, sin grasa ni aceites. Para empezar escarificamos la superficie de la probeta con una amoladora para evitar que alguna imperfección del concreto corte la fibra de carbono como se aprecia en la figura 1.60, luego eliminar el polvo de la superficie con una aspiradora, así mismo la superficie debe ser uniforme para la posterior aplicación de la fibra y su adherencia.



Figura 1.60 Escarificando con amoladora

- Pasamos a cortar la fibra de carbono según las dimensiones requeridas de las probetas a reforzar (ver figura 1.61).



Figura 1.61 Corte de la fibra de carbono Carbodur vigas

- Pasamos a la mezclar el adhesivo Sikadur 301 – componente A Y componente B para aplicarlo sobre la superficie preparada para la colocación de las fibras Carbodur, mezclar por un tiempo de 3 minutos a baja velocidad (ver figura 1.62 y 1.63).





Figura 1.62 Adhesivo Sikadur – 301



Figura 1.63 Reforzamiento de probetas cilíndricas con Carbodur

### **Ensayo de vigas en Laboratorio**

Se realizó los ensayos correspondientes en el laboratorio N° 1 de ensayos de materiales en la UNI, se realizó 6 prueba de resistencia a la flexión en vigas de concreto en una máquina de ensayo UNIVERSAL TEST MACHINE con certificado de calibración LFP-221-2017.

## Ensayo de resistencia a la flexión

Según las normas establecidas NTP 339.078 y ASTM C78 se realizó el ensayo de flexión en vigas fabricadas obteniendo los siguientes resultados a los 7, 14 y 28 días con y sin refuerzo estructural Carbodur (ver figura 1.64, 1.65, 1.66 y 1.67).



Figura 1.64 Colocación de la viga a ensayar por el técnico



Figura 1.65 Medición de la viga a ensayar por el técnico





Figura 1.66 Viga antes del ensayo



Figura 1.67 Rotura de viga

**Resultados a los 7 días ensayo de resistencia a la flexión:** (ver tabla 1.10)

Tabla 1.10 Ensayo 7 días flexión carga central

Tipo de muestra	Dimensiones (cm)			Fecha de obtención	Fecha de ensayo	Distancia entre apoyos (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo	Ancho	Alto					
Sin fibra	50.3	15.2	15.4	07/05/2019	14/05/2019	45	1890	39.6
Con fibra	50.3	15.4	15.4	07/05/2019	14/05/2019	45	2860	59.1

Interpretación:

- La probeta sin refuerzo de fibra de carbono ensayada a los 7 días logró una resistencia máxima a la flexión de 39.6 kg/cm<sup>2</sup> cuando se aplicó una carga máxima de 1890 kg
- La probeta con refuerzo de fibra de carbono ensayada a los 7 días logró una resistencia máxima a la flexión de 59.1 kg/cm<sup>2</sup> cuando se aplicó una carga máxima de 2860 kg
- Por lo que la muestra reforzada con fibra de carbono Carbodur logro un aumento aproximado en la resistencia máxima a la tracción del 49.2% respecto a la que no fue reforzada.

**Resultados a los 14 días ensayo de resistencia a la flexión:** (ver tabla 1.11)

Tabla 1.11 Ensayo 14 días flexión carga central

Tipo de muestra	Dimensiones (cm)			Fecha de obtención	Fecha de ensayo	Distancia entre apoyos (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo	Ancho	Alto					
Sin fibra	50.3	15.2	15.4	07/05/2019	21/05/2019	45	2050	42.9
Con fibra	50.3	15.4	15.4	07/05/2019	21/05/2019	45	2970	61.4

Interpretación:

- La probeta sin refuerzo de fibra de carbono ensayada a los 14 días logró una resistencia máxima a la flexión de 42.9 kg/cm<sup>2</sup> cuando se aplicó una carga máxima de 2050 kg
- La probeta con refuerzo de fibra de carbono ensayada a los 14 días logró una resistencia máxima a la flexión de 61.4 kg/cm<sup>2</sup> cuando se aplicó una carga máxima de 2970 kg
- Por lo que la muestra reforzada con fibra de carbono Carbodur logro un aumento aproximado en la resistencia máxima a la tracción del 43.1% respecto a la que no fue reforzada.

**Resultados a los 28 días ensayo de resistencia a la flexión:** (ver tabla 1.12)

Tabla 1.12 Ensayo 28 días flexión carga central

Tipo de muestra	Dimensiones (cm)			Fecha de obtención	Fecha de ensayo	Distancia entre apoyos (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo	Ancho	Alto					
Sin fibra	50.3	15.2	15.4	07/05/2019	04/06/2019	45	2400	50.2
Con fibra	50.3	15.4	15.4	07/05/2019	04/06/2019	45	3550	73.3

Interpretación:

- La probeta sin refuerzo de fibra de carbono ensayada a los 28 días logró una resistencia máxima a la flexión de 50.2 kg/cm<sup>2</sup> cuando se aplicó una carga máxima de 2400 kg
- La probeta con refuerzo de fibra de carbono ensayada a los 28 días logró una resistencia máxima a la flexión de 73.3 kg/cm<sup>2</sup> cuando se aplicó una carga máxima de 3550 kg
- Por lo que la muestra reforzada con fibra de carbono Carbodur logro un aumento aproximado en la resistencia máxima a la tracción del 46% respecto a la que no fue reforzada.

### 3.6. Costo de la fibra de carbono

Para esta investigación se usó la fibra de carbono de la empresa SIKA (ver figura 1.68) por ser una empresa con más de 100 años de experiencia brindando diversidad de productos para la construcción y las industrias de manufactura, siendo una empresa confiable ya que fue certificada con el ISO 9001, el cual acredita el sistema de gestión de calidad de SIKA.

Se utilizó 2 tipos de fibra como refuerzo estructural, siendo estas la fibra de carbono Sika Carbodur y SikaWrap-300C de la empresa SIKA con presupuesto por metro cuadrado como se indica en las tablas 1.13 y 1.14.

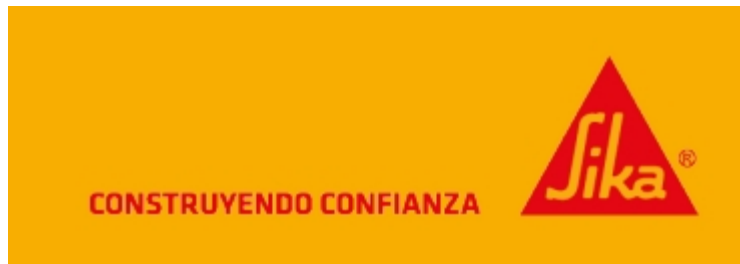


Figura 1.68 SIKA

- Refuerzo con “SIKA CARBODUR”  
Presentación: Rollos de 25 m<sup>2</sup> (0.5 m x 50 m)

Tabla 1.13 Presupuesto para Para 1 m<sup>2</sup>

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRAD O	P.UNIT S/.	PARCIAL S/.
1.00	INSTALACIÓN	M2	1 m <sup>2</sup>	60	60
2.00	SIKACARBODUR	M2	1 m <sup>2</sup>	250	250
3.00	SIKADUR 301	JGOS	2.5 kg	93	232.5
<b>TOTAL GENERAL</b>					<b>542.5</b>

- Refuerzo con “SIKAWRAP-301”

Presentación: Rollos de 100 m/1 (0.15m de ancho)

Tabla 1.14 Presupuesto para Para 1 m2

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRAD O	P.UNIT S/.	PARCIAL S/.
1.00	INSTALACIÓN	M2	1 m2	60	60
2.00	SIKAWRAP-300	M2	1 m2	280	280
3.00	SIKADUR 301	JGOS	2.5 kg	93	232.5
<b>TOTAL GENERAL</b>					<b>572.5</b>

Podemos concluir que el costo para refuerzo estructural con fibra de carbono es notablemente elevado, sin embargo el beneficio que nos brinda es muy efectivo y beneficioso logrando aumentar con gran magnitud las propiedades del concreto.

## **IV. DISCUSIÓN**

### Discusión 1:

Beltrán Riveros en su tesis titulada “Uso de fibras de carbono como reforzamiento a flexión en vigas de concreto reforzado” en el cual concluye que pudo obtener un incremento notable del 33.16% respecto a las vigas que no fueron reforzadas con las fibras de carbono en la resistencia a la flexión, para este caso el tesista reforzó las vigas en húmedo, y en nuestro caso se obtuvo el 46% de incremento en la resistencia a flexión, puesto que utilizamos el refuerzo con las vigas en seco, teniendo una mejor adherencia con un menor desprendimiento de la fibra y obteniendo así mejores resultados en el aumento de la resistencia del concreto (ver figura 1.15).

Tabla 1.15 Discusión 1

Tesis	Muestra	Edad del concreto (días)	Incremento en la resistencia a la flexión (%)
Beltrán Rivero	Viga	28	33.11
Mi investigación	Viga	28	46

### Discusión 2:

Durán Quintal en su tesis titulada “Refuerzo con bandas de fibra de carbono (CFRP) en columnas cortas de concreto reforzado estudio exploratorio”, en el cual nos indica que los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión obtenidos fueron favorables, logrando un aumento del 30% en su resistencia máxima a la compresión, y este menor valor obtenido a comparación de nuestro estudio que se obtuvo un aumento del 85.6% de resistencia respecto a las probetas que no fueron reforzadas se debe a que Durán Quintal le aplico el reforzamiento de fibra de carbono a un espécimen débil, el cual fue reparado proporcionando menores valores de resistencia (ver figura 1.16).

Tabla 1.16 Discusión 2

Tesis	Muestra	Edad del concreto (días)	Incremento en la resistencia a la compresión (%)
Durán Quintal	Probeta cilíndrica	28	30
Mi investigación	Probeta cilíndrica	28	85.6

### Discusión 3:

Silva Vera en su tesis titulada “Refuerzo Estructural con Fibra de Carbono” en el cual se reforzaron probetas con fibra de carbono se pudo lograr un aumento aproximado del 79%, en el cual usaron un concreto con un diseño de 140 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la compresión, lo cual pudo variar los resultados obtenidos a comparación de mi estudio, el cual fue para un diseño que tuvo como resistencia de compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo mejores resultados del 101.4% de aumento en las pruebas de resistencia a la tracción respecto a las probetas que no fueron reforzadas (ver figura 1.17).

Tabla 1.17 Discusión 3

Tesis	Muestra	Edad del concreto (días)	Incremento en la resistencia a la tracción (%)
Silva Vera	Probeta cilíndrica	28	79
Mi investigación	Probeta cilíndrica	28	101.4



## **V. CONCLUSIONES**

1. Se concluyó que el uso de fibras de carbono influye como reforzamiento estructural del concreto, puesto que después de haber realizado los ensayos con refuerzo y sin refuerzo de fibra de carbono a pruebas de resistencia a la flexión, compresión y tracción, en el cual se demostró la influencia de la fibra de carbono arrojando resultados muy beneficiosos en pruebas ensayadas a los 7, 14 y 28 días.
2. Se pudo concluir que el uso de fibras de carbono si influye para aumentar la resistencia a la flexión del concreto, ya que después de realizar los ensayos correspondientes a las vigas diseñadas con refuerzo y sin refuerzo a pruebas de flexión, se demostró un notable incremento de resistencia a la flexión en los elementos reforzados con Fibra de carbono Sika Carbodur, el cual arrojó resultados muy favorables en pruebas ensayadas a los 7, 14 y 28 días con aumentos de resistencias a la flexión del 49.2%, 43.1% y 46% respecto a muestras no reforzadas respectivamente como se muestra en la Tabla 1.18 y la figura 1.69.

Tabla 1.18 Conclusión 2

Tipo de muestra	Edad (días)	Carga máxima (kg)	Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Aumento de resistencia a la flexión (%)
Sin fibra	7	1890	39.6	49.2
Con fibra	7	2860	59.1	
Sin fibra	14	2050	42.9	43.1
Con fibra	14	2970	61.4	
Sin fibra	28	2400	50.2	46
Con fibra	28	3550	73.3	

Fuente: Elaboración propia

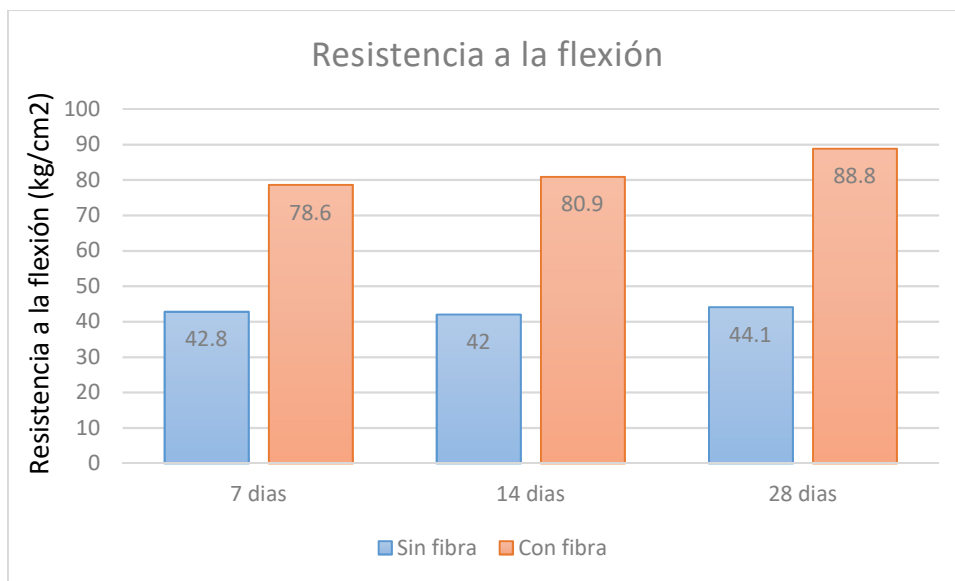


Figura 1.69 Grafico resistencia a la flexión

- Se concluye que el uso de fibras de carbono si influye para aumentar la resistencia a la compresión del concreto, como se puede apreciar en los resultados de los ensayos a compresión en vigas, ensayados a los 7, 14 y 28 días con aumentos de resistencias a la compresión del 94.52%, 99.9% y 85.6% respecto a muestras no reforzadas respectivamente como se muestra en la Tabla 1.19 y el grafico 1.70.

Tabla 1.19 Conclusión 3

Tipo de muestra	Edad (días)	Carga máxima (kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Aumento de resistencia a la compresión (%)
Sin fibra	7	15609	186.3	94.52
Con fibra	7	30366	362.4	
Sin fibra	14	17515	209	99.9
Con fibra	14	35015	417.8	
Sin fibra	28	18908	225.6	85.6
Con fibra	28	40365	481.7	

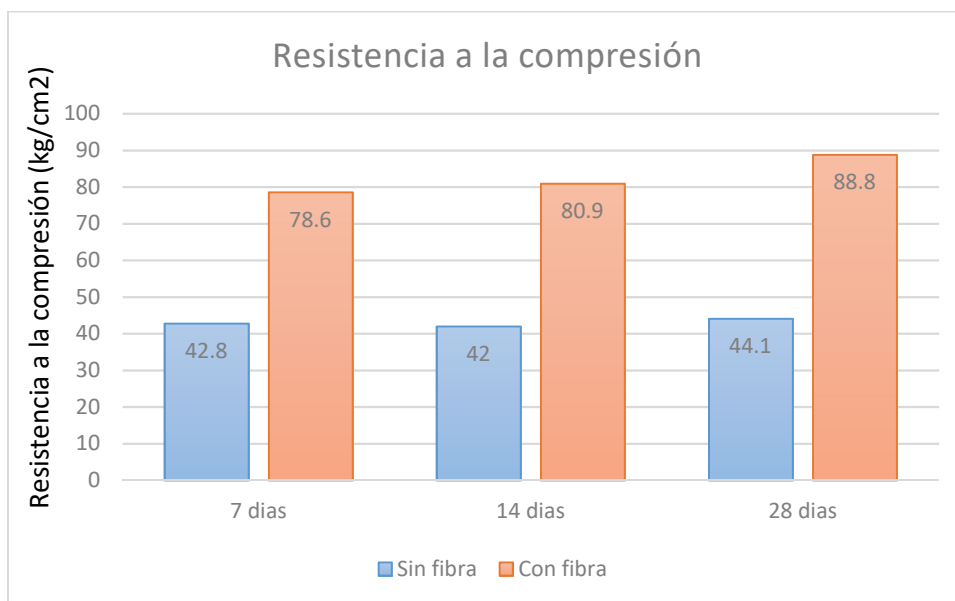


Figura 1.70 Grafico resistencia a la compresión

4. Se pudo concluir que el uso de fibras de carbono si influye para aumentar la resistencia a la tracción del concreto, en los ensayos de resistencia a la tracción que se realizó en el laboratorio de la UNI obteniendo resultados muy favorables, teniendo resistencias a la tracción por compresión diametral de 83.6%, 102.25% y 101.4% ensayados a los 7, 14 y 28 días respecto a muestras sin refuerzo (ver tabla 1.20 y figura 1.71).

Tabla 1.20 Conclusión 4

Tipo de muestra	Edad (días)	Carga máxima (kg)	Resistencia a la tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Aumento de resistencia a la tracción (%)
Sin fibra	7	13441	42.8	83.6
Con fibra	7	24506	78.6	
Sin fibra	14	13184	42.0	102.25
Con fibra	14	25411	80.9	
Sin fibra	28	13856	44.1	101.4
Con fibra	28	27896	88.8	

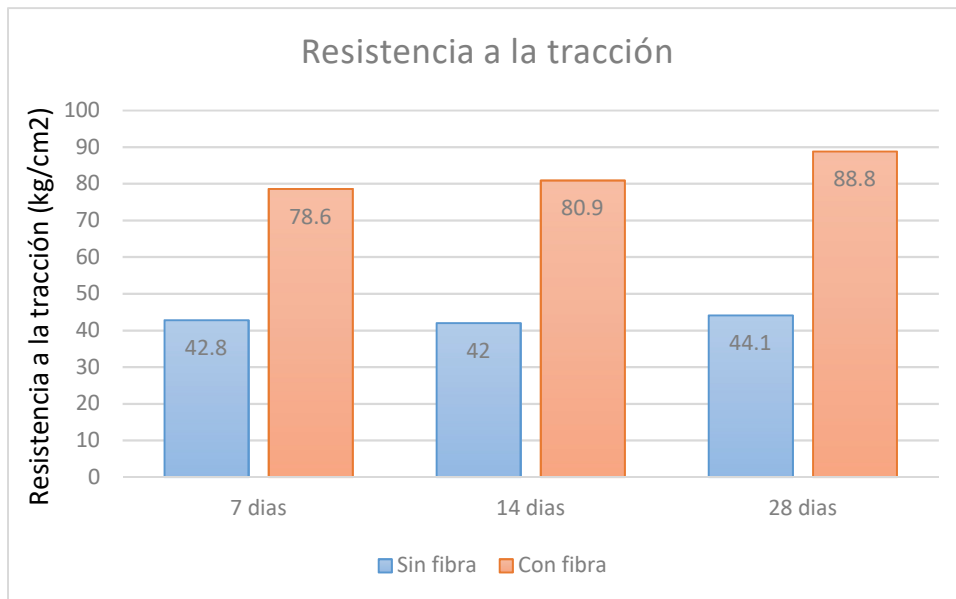


Figura 1.71 Grafico resistencia a la tracción

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. El proceso de reforzamiento del elemento estructural con fibra de carbono lo debe realizar un técnico certificado de la empresa que nos brinda dicha fibra, para obtener una adherencia correcta y así lograr los resultados más óptimos en resistencia.
2. Para futuras investigaciones tener en cuenta el tipo de adherente a utilizar, siendo este de gran importancia para óptimos resultados.
3. Para obtener los resultados más óptimos, el proceso de refuerzo con fibra de carbono debe ser seguido detalladamente por la Norma ACI 440.2R-08, por ello es de vital importancia tener un completo conocimiento de dicha norma.
4. Utilizar el Software Sika Carbodur V.5 para el diseño del refuerzo con fibra de carbono para obtener mejores resultados según el tipo de refuerzo requerido.
5. Para propuestas futuras tener en cuenta la técnica de refuerzo con la fibra de carbono, puesto que la fibra de carbono es recomendada utilizarla en la dirección axial de un 95 a 98% teniendo mejores resultados a comparación del refuerzo en la dirección transversal que es recomendada de un 2 a 5% teniendo bajos resultados como refuerzo estructural.
6. En base a esta investigación se sugieren estos títulos que irán en mejora de las posteriores investigaciones:
  - “Aplicación y análisis del uso de la fibra de carbono como refuerzo estructural en losas de gran luz”, con el fin de analizar el método de aplicación y los beneficios de la fibra de carbono para losas de gran luz.
  - “Evaluación del uso de la fibra de carbono como refuerzo estructural en zonas muy sísmicas”, con el objetivo de evaluar si los beneficios de la fibra de carbono para contrarrestar los movimientos sísmicos de grandes magnitudes.

## **REFERENCIAS**



1. **ABANTO CASTILLO, Flavio. 2017.** *Tecnología del Concreto.* s.l. : San Marcos, 2017.
2. **ACI 440, 2008.**
3. **Aitcin, Pierre Claude. 2008.** Binders for durable and sustainable concrete. New York : Taylor y francis, 2008.
4. **Alegre Gago, 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, Lima, Perú : s.n., 2017.
5. **Arias, Fidias. 2006.** *El proyecto de la investigación, introducción a la metodología científica.* Caracas : EDITORIAL EPISTEME, 2006.
6. **ARROYO PORTERO, JUAN. 2003.** Guía de diseño sistema de refuerzo mediante fibra de carbono Replark. 2003.
7. **ASOCEM.** Asocem. [En línea. <http://www.asocem.org.pe/archivo/files/Reporte%20Estadistico%20ene2018.pdf>.
8. **Baena Paz, Guillermina. 2014.** *METODOLOGÍA.* Mexio : s.n., 2014.
9. **BAZAN SERRANO, Jorge Luis. 2015.** *Estudio experimental y numérico del comportamiento de flexión de vigas de concreto armado reforzadas con bandas de FRP.* Lima : s.n., 2015.
10. **Behar Rivero, Daniel Salomón. 2008.** *Metodología de la investigacion.* 2008.
11. **BELIZARIO PACOMPIA, c. 2017.** REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA. 2017.
12. **BELLIDO DE LUNA, JOSE. 2012.** USO DE LA FIBRA DE CARBONO EN CONFINAMIENTO DE PILARES Y REFUERZO DE LOSAS POSTENSADAS. 2012.
13. **BELTRAN RIVEROS, Andres Arturo. 2011.** Uso de fibras de carbono como reforzamiento a flexión en vigas de concreto reforzado. Bogota, Barcelona, España : s.n., 2011.
14. **Benito Oterino , Belén, y otros. 2012.** Evaluación de la peligrosidad y el riesgo sísmico en Haití y aplicación al disseno sismoresistente. 23 de Noviembre de 2012.
15. **BORRELL TÓMAS, Amparo. 2015.** Materiales de carbono de grafito al grafeno. 2015.
16. **CARRASCO DIAZ, S. 2006.** *Metodología de la investigación científica.* Lima : San Marcos, 2006.
17. **Castilla Pascual, Francisco Javier. 2004.** *Estabilización de morteros de barro para la protección de muros de tierra.* Madrid : s.n., 2004.
18. **CENAPRED. 2008.** Centro Nacional de Prevención de Desastres. 2008.

19. **CONTRERAS RINCON, José Rafael. 2011.** USO DE FIBRAS DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO A CORTE EN. Bogota : s.n., 2011.
20. **Corral, Yadira. 2009.** Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. Valencia, Venezuela : s.n., 2009.
21. **Cuitiño, Guadalupe, Maldonado, Gerardo y Esteves, Alfredo. 2015.** *Análisis de la transmitancia térmica y resistencia al impacto de los muros de quincha.* Mendoza : s.n., 2015.
22. **DURAN QUINTAL, Carlos Ivan. 2008.** Refuerzo con bandas de fibra de carbono (CFRP) en columnas cortas de concreto reforzado estudio exploratorio. Mexico : s.n., 2008.
23. **DURÁN QUINTAL, HUGO. 2008.** *Refuerzo con bandas de fibra de carbono(CFRP) en columnas cortas de concreto reforzado estudio exploratorio.* 2008.
24. **FERNÁNDEZ FLORES, Mercedes. 2012.** APLICACIONES DE REFUERZOS de estructuras en base a fibras de carbono. 2012.
25. **Flores Tantaleán, Luis. 2015.** Reforzando Edificaciones con Fibra de Carbono. LIMA : Civilizate, 2015.
26. **Giuliani, Francisco. L. 2008.** *RECONOCIMIENTO REALIZADO EN LA ZONA AFECTADA POR EL SISMO DE PISCO, PERÚ, DE 2017.* LIMA : CERESIS / UNESCO, 2008. pág. 2, INFORME TÉCNICO.
27. **Gomez Bastar, Sergio. 2012.** *Metodología de la investigación.* México : RED TERCER MILENIO, 2012.
28. **González del Solar, Gerardo, Maldonado, Noemí y Cuitino, Guadalupe. 2013.** *Modelación numérica de ensayos mecánicos en muros de quincha.* Mendoza : s.n., 2013. págs. 319 - 332.
29. **González Salgado, Carlos José. 2014.** Construcción natural y tecnologías apropiadas. 2014.
30. **Guevara, Angel y Romero, Gilberto. 1993.** *La casa de quincha mejorada.* Lima : PREDES, 1993.
31. **GUITIERREZ ALIAGA, Lourdes Margarita y Manco Rivera, Mercedes Tatiana. 2006.** CARACTERISTICAS SISMICAS DE LAS CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN EL PERU - CONTRIBUCION A LA ENCICLOPEDIA MUNDIAL DE VIVIENDA. 2006.
32. **HARMSSEN GOMEZ, , Teodoro. 2008.** *Diseño de Estructuras de Concreto Armado.* 2008.
33. **Hernández Escobar, Arturo, y otros. 2018.** *Metodología de la investigación científica.* 2018.
34. **Hernández Meléndez, Edelsys. 2006.** Metodología de la investigación. 2006.
35. **Hernandez Sampieri, Roberto. 2014.** *La metodología de la investigación.* 2014.

36. **HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. 2014.** *Metodología de la investigación*. México DF : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014.
37. **MARROQUIN PEÑA, Roberto. 2012.** *Metodología de la investigación científica*. Lima : San Marcos, 2012.
38. **MARTÍNEZ CONESA, E. 2012.** *Análisis de métodos para evaluar el refuerzo*. 2012.
39. **MEDINA GONZALES, CARLOS. 2015.** *USOS Y PROPIEDADES DE LA FIBRA DE CARBONO*. 2015.
40. **MINGRONE DE CAMAROTA, Patricia Lucia. 2007.** *Metodología Del Estudio Eficaz*. 2007.
41. **Minke, Gernot. 2001.** *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. Kassel, Alemania : forschungslabor für experimentelles bauen, 2001.
42. **Mira vete, A. 2007.** *Hacia la fibra de carbono en la construcción*. Zaragoza : s.n., 2007.
43. **Monje Álvarez, Carlos Arturo. 2011.** *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa*. Neiva : s.n., 2011.
44. **PARRA MONTESINOS, Gustavo. 2005.** *Compuestos de cemento reforzado con fibra de alto rendimiento*. Michigan : s.n., 2005.
45. **REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES E-060, PERU.**
46. **ROCHA RANGEL, Enrique y Rodriguez Garcia, Jose. 2011.** *ESTUDIO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE MATERIALES COMPUESTOS POLIMÉRICOS REFORZADOS CON FIBRAS DE CARBONO*. 2011.
47. **Rodríguez, Luis y Mariscal , Jorge. 2009.** *Cómo construir viviendas con quincha mejorada*. Lima : Soluciones prácticas - ITDG, 2009.
48. **Romero Zeballos, Gilberto. 2008.** *Construyendo viviendas con quincha mejorada*. 2 San Martin de Porres, Lima, Perú : PREDES, Julio de 2008.
49. **Sabino, Carlos. 1992.** *El proceso de investigación*. Caracas : Panapo, 1992.
50. **Sáenz López, Karla, y otros. 2012.** *Metodología para investigaciones de alto impacto en las ciencias sociales*. 2012.
51. **Sandin, Kenneth. 1995.** *Mortars for masonry and rendering choice and application*. 1995.
52. **Silva Vera, Pedro Alejandro. 2016.** *Refuerzo Estructural con Fibra de Carbono*. Quito3, Ecuador : s.n., 2016.
53. **Solas, Andres y Giani D, Ricardo. 2010.** *Tecnología del hormigón avanzada*. 2010.
54. **Supo Condori, José. 2013.** *Análisis estadístico para la investigación aplicada*. [www.controldecalidad.com](http://www.controldecalidad.com). [En línea] 2013.

55. **Tamayo, Mario. 2003.** *El proceso de la investigación científica.* México DC : LIMUSA S.A, 2003.
56. **TOLOZA SALAZAR, leon. 2008.** RECUPERACION DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON EN BASE A CFRP. (POLIMEROS REFORZADOS CON FIBRAS DE CARBONO. 2008.
57. **VALDERRAMA MENDOZA, Santiago. 2013.** *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica.* Lima : San Marcos, 2013.
58. **VILLEGAS ESPARZA, Beatriz. 2010.** ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO (TEORÍA PLASTICA). 2010.
59. **WENDEL KELLER,** 2013. Smull's Legislative Hand Book and Manual of the State of Pennsylvania
60. **TROCHIM P.** (2008) Research Methods for Leisure , Recreation and Tourism, 2nd Edition
61. **BICKMAN Y OTROS.** (2008). Applied research design. A practical guide. Newbury Park, CA: Sage.
62. **AMERICAN Concrete Institute,** 2008. Guide for the design and Construction of Externally Bonded FRP System for Strengthening Concrete Structures..
63. **YAULI PAÚL,** 2015. Seismic performance of a beam repaired with carbon fibers.
64. **WIGHT JAMES Y OTROS,** 2005. Strut and Tie Model for Deep Beam Design
65. **UUSITALO K.** 2013. *Designing in Carbon Fibre Composites.* Chalmers university of technology: Suecia

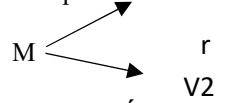
## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO:** Uso de fibras de carbono como reforzamiento estructural en columnas de concreto, Lima, 2019

**AUTOR:** Villoslada Cáceres Michael Edgar

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b><u>PROBLEMA GENERAL</u></b></p> <p>¿De qué manera influye el uso de la fibra de carbono como reforzamiento estructural en columnas de concreto, Lima, 2019?</p> <p><b><u>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</u></b></p> <p>¿De qué manera influye el uso de la fibra de carbono para aumentar la resistencia a la flexión del concreto, Lima, 2019?</p> <p>¿De qué manera influye el uso de la fibra de carbono para aumentar la resistencia a la compresión del concreto, Lima, 2019?</p> <p>¿De qué manera influye el uso de la fibra de carbono para aumentar la resistencia a la tracción del concreto, Lima, 2019?</p>	<p><b><u>OBJETIVO GENERAL</u></b></p> <p>Determinar el comportamiento de la columna de concreto con el uso de fibras de carbono como refuerzo estructural.</p> <p><b><u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u></b></p> <p>Determinar el comportamiento del concreto para aumentar la resistencia a la flexión con el uso de fibras de carbono</p> <p>Determinar el comportamiento del concreto para aumentar la resistencia a la compresión con el uso de fibras de carbono</p> <p>Determinar el comportamiento del concreto para aumentar la resistencia a la tracción con el uso de fibras de carbono</p>	<p><b><u>HIPÓTESIS GENERAL</u></b></p> <p>El uso de fibras de carbono si influye como reforzamiento estructural en columnas de concreto, Lima, 2019</p> <p><b><u>HIPÓTESIS GENERAL</u></b></p> <p>El uso de fibras de carbono si influye para aumentar la resistencia a la flexión del concreto, Lima, 2019</p> <p>El uso de fibras de carbono si influye para aumentar la resistencia a la compresión del concreto, Lima, 2019</p> <p>El uso de fibras de carbono si influye para aumentar la resistencia a la tracción del concreto, Lima, 2019</p>	<p>V1: La columna de concreto</p> <p>V2: La fibra de carbono</p>	<p>Falla compresión</p> <p>Falla por flexión</p> <p>Falla por tracción</p> <p>Refuerzo a la flexión</p> <p>Refuerzo por compresión</p> <p>Refuerzo por tracción</p>	<p>Resistencia compresión</p> <p>concreto adherencia</p> <p>Desplazamiento ductilidad</p> <p>Resistencia Rigidez Antisísmico</p> <p>Desplazamiento Peso liviano Rigidez Resistencia</p> <p>confinamiento Mitiga los efectos de los sismos</p>	<p><b><u>MÉTODO:</u></b> El método científico, propone los problemas de investigación, de donde da a proponer las posibles hipótesis y los instrumentos de investigación.</p> <p><b><u>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</u></b> Aplicada</p> <p><b><u>NIVEL:</u></b> Correlacional</p> <p><b><u>DISEÑO DE INVESTIGA.:</u></b> No experimental</p> <p style="text-align: center;">  </p> <p><b><u>POBLACIÓN:</u></b> La población será el conjunto de probetas de concreto del laboratorio de la UNI</p> <p><b><u>MUESTREO:</u></b> No probabilístico, intencional</p> <p><b><u>MUESTRA:</u></b> En esta son 18 probetas de concreto con especificaciones técnicas de diseño realizadas en el laboratorio de la UNI</p> <p><b><u>INSTRUMENTO:</u></b> Técnica de fichaje</p>

## ANEXO 2

### PLANO SATELITAL DEL LABORATORIO UNI







**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Carretera de Ingeniería Civil Acreditada por  
  
 Accreditation Board for Engineering and Technology  


**INFORME**

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : MICHAEL VILLASLADA CÁCERES  
**Obra** : TESIS "USO DE LA FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN COLUMNAS DE CONCRETO, LIMA, 2019"  
**Ubicación** : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
**Asunto** : Diseño de mezcla  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$   
**Expediente N°** : 19-1527  
**Recibo N°** : 65340  
**Fecha de emisión** : 08/05/2019

**1.0 DE LOS MATERIALES**

**1.1 Cemento:**

Se utilizó cemento SOL Tipo I, proporcionado por el solicitante.

**1.2 Agregado Fino:**

Consistente en una Muestra de ARENA GRUESA procedente de la cantera S.J.L.

Las características se indican en el ANEXO 1.

**1.3 Agregado Grueso:**

Consistente en una Muestra de PIEDRA CHANCADA procedente de la cantera S.J.L.

Las características se indican en el ANEXO 2.

**1.4 Combinación de Agregados:**

La granulometría del Agregado Global obtenido por la combinación del agregado fino y grueso, se muestra en el ANEXO 3.

**1.5 Agua:**

Se uso agua potable procedente de la red UNI.




*Ana Torre Carrillo*

Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**

1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.



**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

[www.lem.uni.edu.pe](http://www.lem.uni.edu.pe)  
[lem@uni.edu.pe](mailto:lem@uni.edu.pe)  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



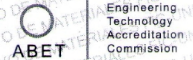




**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**

**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZALES DE LA COTERA"**

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Expediente N° : 19-1527

**2.0 DISEÑO DE MEZCLAS FINAL ( f'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup> ) CEMENTO SOL Tipo I**

**2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Denominación	fc = 210 Kg/cm <sup>2</sup>
Asentamiento	3"
Relación a/c de diseño	0.53
Relación a/c de obra	0.52
Proporciones de diseño	1 : 2.12 : 2.27
Proporciones de obra	1 : 2.16 : 2.27

**2.2 CANTIDAD DE MATERIAL DE DISEÑO POR m<sup>3</sup> DE CONCRETO**

Cemento	395 Kg
Arena	836 Kg
Piedra	895 Kg
Agua	209 L

**2.3 CANTIDAD DE MATERIAL POR m<sup>3</sup> DE CONCRETO EN OBRA**

Cemento	395 Kg
Arena	853 Kg
Piedra	898 Kg
Agua	204 L

**2.4 CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA**

Cemento	42.50 Kg
Arena	91.87 Kg
Piedra	96.63 Kg
Agua	21.96 L

**2.5 PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN**

Proporciones	CEMENTO	ARENA	PIEDRA
	1	2.10	2.38
Agua	21.96	L/bolsa	

**3.0 OBSERVACIONES:**

- 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- 2) Hacer tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. G.P.L.



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú



(511) 381-3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo  
 de Materiales - UNI





Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por  
**ABET**  
 Accreditation Board for Engineering and Technology  
 Engineering Technology Accreditation Commission

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 Facultad de Ingeniería Civil  
 LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZALES DE LA COTERA"

Pág. 4 de 5

ANEXO 2

EXPEDIENTE N° : 19-1527

**1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO :**

Consiste en una Muestra de Piedra procedente de la cantera S.J.L.

**A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

TAMIZ (Pulg)	(mm)	% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA, ASTM C 33 HUSO 56
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	3.5	3.5	96.5	90 - 100
3/4"	19.00	37.5	41.0	59.0	40 - 85
1/2"	12.50	36.8	77.9	22.1	10 - 40
3/8"	9.50	12.4	90.3	9.7	0 - 15
N°4	4.75	9.0	99.3	0.7	0 - 5
FONDO		0.7	100.0	0.0	

**B) CURVA DE GRANULOMETRÍA**

**C) PROPIEDADES FÍSICAS**

Módulo de Fineza	7.27
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1423
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1622
Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.61
Contenido de Humedad (%)	0.30
Porcentaje de Absorción (%)	0.85

**2. OBSERVACIONES:**

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. G.P.L.

NOTAS:

1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

[www.lem.uni.edu.pe](http://www.lem.uni.edu.pe)  
[lem@uni.edu.pe](mailto:lem@uni.edu.pe)  
 Laboratorio de Ensayo  
 de Materiales - UNI



Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por  
**ABET**  
 Accreditation Board for engineering and Technology  
 Engineering Technology Accreditation Commission

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Pág 5 de 5

ANEXO 3

EXPEDIENTE N° : 19-1527

**1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GLOBAL :**

Consiste en una combinación de Arena procedente de la cantera S.J.L. y Piedra procedente de la cantera S.J.L.

**A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA
(Pulg)	(mm)			
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	1.8	1.8	98.2
3/4"	19.00	19.3	21.1	78.9
1/2"	12.50	18.9	40.0	60.0
3/8"	9.50	6.4	46.4	53.6
N°4	4.75	7.1	53.5	46.5
N°8	2.36	11.7	65.2	34.8
N°16	1.18	12.7	77.9	22.1
N°30	0.60	9.0	86.9	13.1
N°50	0.30	7.3	94.2	5.8
N°100	0.15	3.8	98.0	2.0
FONDO		2.0	100.0	0.0

**B) CURVA DE GRANULOMETRÍA**

**C) PROPIEDADES FÍSICAS**

Tamaño Nominal Máximo	3/4"
Módulo de Fineza	5.43
% Agregado Grueso	51.33
% Agregado Fino	48.67

**2. OBSERVACIONES:**

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. G.P.L.

NOTAS:  
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001

REVISADO Y APROBADO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES  
 JEFATURA

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

[www.lem.uni.edu.pe](http://www.lem.uni.edu.pe)  
[lem@uni.edu.pe](mailto:lem@uni.edu.pe)

Laboratorio de Ensayo  
 de Materiales - UNI



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de materiales  
 A : VILLOSLADA CACERES MICHAEL  
 Obra : TESIS " USO DE LA FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN COLUMNAS DE CONCRETO, LIMA, 2019"  
 Ubicación : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
 Asunto : Ensayo de resistencia a la compresión  
 Expediente N° : 19-1527  
 Recibo N° : 65340  
 Fecha de emisión : 15/05/19

1. DE LA MUESTRA : Consiste en 2 probetas cilíndricas  
 2. DEL EQUIPO : Maquina de ensayo uniaxial TONI/TECHNIK  
 Certificado de calibración LFP-274-2018  
 3. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.034.2015  
 Procedimiento interno AT-PR-12  
 4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (CM2)	CARGA MÁXIMA (KG)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)	TIPO DE ROTURA
1	Sin fibra	07/05/2019	14/05/2019	83.8	15609	186.3	2
2	Con fibra	07/05/2019	14/05/2019	83.8	30366	362.4	2

5. OBSERVACIONES : La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitantes.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. G.P.L.



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI







**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

**ABET**  
Accreditation Board for engineering and Technology  
Engineering Technology Accreditation Commission

**INFORME**

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de materiales  
 A : VILLOSLADA CACERES MICHAEL  
 Obra : TESIS " USO DE LA FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN COLUMNAS DE CONCRETO, LIMA, 2019"  
 Ubicación : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
 Asunto : Ensayo de resistencia a la compresión  
 Expediente N° : 19-1527  
 Recibo N° : 65340  
 Fecha de emisión : 22/05/19

1. DE LA MUESTRA : Consiste en 2 probetas cilíndricas
2. DEL EQUIPO : Maquina de ensayo uniaxial TONI/TECHNIK  
Certificado de calibración LFP-274-2018
3. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.034.2015  
Procedimiento interno AT-PR-12
4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (CM2)	CARGA MÁXIMA (KG)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)	TIPO DE ROTURA
1	Sin fibra	07/05/2019	21/05/2019	83.8	17515	209	2
2	Con fibra	07/05/2019	21/05/2019	83.8	35015	417.8	2


5. OBSERVACIONES : La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitantes.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. G.P.L.




Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
 Jefe (e) del laboratorio


**NOTAS:**  
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.




**UNI-LEM**  
La Calidad es nuestro compromiso  
Laboratorio Certificado ISO 9001




Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú




(511) 381-3343




(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046




[www.lem.uni.edu.pe](http://www.lem.uni.edu.pe)



[lem@uni.edu.pe](mailto:lem@uni.edu.pe)



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**INFORME**

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de materiales  
 A : VILLOSLADA CACERES MICHAEL  
 Obra : TESIS " USO DE LA FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN COLUMNAS DE CONCRETO, LIMA, 2019"  
 Ubicación : UNICIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
 Asunto : Ensayo de resistencia a la compresión  
 Expediente N° : 19-1527  
 Recibo N° : 65340  
 Fecha de emisión : 04/06/19

1. DE LA MUESTRA : Consiste en 2 probetas cilíndricas
2. DEL EQUIPO : Maquina de ensayo uniaxial TONI/TECHNIK  
Certificado de calibración LFP-274-2018
3. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.034.2015  
Procedimiento interno AT-PR-12
4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (CM2)	CARGA MÁXIMA (KG)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)	TIPO DE ROTURA
1	Sin fibra	07/05/2019	04/06/2019	83.8	18908	225.6	2
2	Con fibra	07/05/2019	04/06/2019	83.8	40365	481.7	2

5. OBSERVACIONES : La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitantes.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. G.P.L.



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**INFORME**

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de materiales  
 A : VILLOSLADA CACERES MICHAEL  
 Obra : TESIS " USO DE LA FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN COLUMNAS DE CONCRETO, LIMA, 2019"  
 Ubicación : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
 Asunto : Ensayo de resistencia a la tracción  
 Expediente N° : 19-1527  
 Recibo N° : 65340  
 Fecha de emisión : 15/05/19

- 1. DE LA MUESTRA : Consiste en 2 probetas cilíndricas
- 2. DEL EQUIPO : Maquina de ensayo uniaxial TONI/TECHNIK  
 Certificado de calibración LFP-274-2018
- 3. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.084.2015  
 Procedimiento interno AT-PR-12
- 4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	FECHA OBTENCIÓN	FECHA ENSAYO	ÁREA (CM <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (KG)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (KG/CM <sup>2</sup> )
1	Sin fibra	07/05/2019	14/05/2019	83.8	13441	42.8
2	Con fibra	07/05/2019	14/05/2019	83.8	24506	78.6

5. OBSERVACIONES : La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitantes.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. G.P.L.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES**  
 Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**INFORME**

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de materiales  
 A : VILLOSLADA CACERES MICHAEL  
 Obra : TESIS " USO DE LA FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN COLUMNAS DE CONCRETO, LIMA, 2019"  
 Ubicación : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
 Asunto : Ensayo de resistencia a la traccion  
 Expediente N° : 19-1527  
 Recibo N° : 65340  
 Fecha de emisión : 22/05/19

1. DE LA MUESTRA : Consiste en 2 probetas cilindricas
2. DEL EQUIPO : Maquina de ensayo uniaxial TONI/TECHNIK  
Certificado de calibración LFP-274-2018
3. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.084.2015  
Procedimiento interno AT-PR-12
4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	FECHA OBTENCIÓN	FECHA ENSAYO	ÁREA (CM2)	CARGA MÁXIMA (KG)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (KG/CM2)
1	Sin fibra	07/05/2019	21/05/2019	83.8	13184	42.0
2	Con fibra	07/05/2019	21/05/2019	83.8	25411	80.9

5. OBSERVACIONES : La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtencion e identificación han sido proporcionadas por el solicitantes.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. G.P.L.



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Centro de Ingeniería Civil Acreditada por  
  
Accreditation Board for engineering and Technics  
  
Engineering Technology Accreditation Commission

---

**INFORME**

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de materiales  
A : VILLOSLADA CACERES MICHAEL  
Obra : TESIS " USO DE LA FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN COLUMNAS DE CONCRETO, LIMA, 2019"  
Ubicación : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
Asunto : Ensayo de resistencia a la tracción  
Expediente N° : 19-1527  
Recibo N° : 65340  
Fecha de emisión : 04/06/19

---

1. DE LA MUESTRA : Consiste en 2 probetas cilíndricas  
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial TONI/TECHNIK  
Certificado de calibración LFP-274-2018  
3. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.084.2015  
Procedimiento interno AT-PR-12  
4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	FECHA OBTENCIÓN	FECHA ENSAYO	ÁREA (CM2)	CARGA MÁXIMA (KG)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (KG/CM2)
1	Sin fibra	07/05/2019	04/06/2019	83.8	13856	44.1
2	Con fibra	07/05/2019	04/06/2019	83.8	27896	88.8

5. OBSERVACIONES : La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitantes.

Hecho por Técnico : Ing. M. A. Tejada S.  
Sr. G.P.L.




Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
(e) del laboratorio

NOTAS:  
1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

---



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
apartado 1301 - Perú  
(511) 381-3343

[www.lem.uni.edu.pe](http://www.lem.uni.edu.pe)  
[lem@uni.edu.pe](mailto:lem@uni.edu.pe)





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Carerra de Ingeniería Civil Acreditada por  
**ABET**  
Accreditation Board for engineering and Technology  
Engineering Technology Accreditation Commission

---

**INFORME**

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de materiales  
 A : VILLOSLADA CACERES MICHAEL  
 Obra : TESIS " USO DE LA FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN COLUMNAS DE CONCRETO, LIMA, 2019"  
 Ubicación : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
 Asunto : Ensayo de flexión en viga de concreto  
 Expediente N° : 19-1527  
 Recibo N° : 65340  
 Fecha de emisión : 15/05/19

---

1. DE LA MUESTRA : Consiste en 2 vigas de concreto, con fecha de fabricación 07/05/19

2. DEL EQUIPO : Maquina de ensayo uniaxial ALFRED J AMSLER  
 Certificado de calibración CMC-093-2018

3. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.078.2012

4. RESULTADOS : Fecha de ensayo: 14/05/19

IDENTIFICACIÓN	DIMENSIONES (MM)			DISTANCIA ENTRE APOYOS (MM)	CARGA MÁXIMA (KG)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (KG/CM2)	OBSERVACIÓN
	LARGO	ANCHO	ALTO				
Sin fibra	503	152	154	450	1890	39.6	Fallo en el tercio medio
Con fibra	503	154	154	450	2860	59.1	Fallo en el tercio medio

5. OBSERVACIONES : La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. G.P.L.




Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**  
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

---



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 254 2242

www.fem.uni.edu.pe  
 fem@uni.edu.pe







**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering Technology Accreditation Commission

---

**INFORME**

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de materiales  
 A : VILLOSLADA CACERES MICHAEL  
 Obra : TESIS " USO DE LA FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN COLUMNAS DE CONCRETO, LIMA, 2019"  
 Ubicación : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
 Asunto : Ensayo de flexión en viga de concreto  
 Expediente N° : 19-1527  
 Recibo N° : 65340  
 Fecha de emisión : 22/05/19

---

1. DE LA MUESTRA : Consiste en 2 vigas de concreto, con fecha de fabricación 07/05/19

2. DEL EQUIPO : Maquina de ensayo uniaxial ALFRED J AMSLER  
 Certificado de calibración CMC-093-2018

3. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.078.2012

4. RESULTADOS :

**Fecha de ensayo: 21/05/19**

IDENTIFICACIÓN	DIMENSIONES (MM)			DISTANCIA ENTRE APOYOS (MM)	CARGA MÁXIMA (KG)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (KG/CM <sup>2</sup> )	OBSERVACIÓN
	LARGO	ANCHO	ALTO				
Sin fibra	503	152	154	450	2050	42.9	Fallo en el tercio medio
Con fibra	503	154	154	450	2970	61.4	Fallo en el tercio medio

5. OBSERVACIONES : La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. G.P.L.




Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**  
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

---



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe







**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**

**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**



**INFORME**

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de materiales  
 A : VILLOSLADA CACERES MICHAEL  
 Obra : TESIS " USO DE LA FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN COLUMNAS DE CONCRETO, LIMA, 2019"  
 Ubicación : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
 Asunto : Ensayo de flexión en viga de concreto  
 Expediente N° : 19-1527  
 Recibo N° : 65340  
 Fecha de emisión : 04/06/19

- 1. DE LA MUESTRA : Consiste en 2 vigas de concreto, con fecha de fabricación 07/05/19
- 2. DEL EQUIPO : Maquina de ensayo uniaxial ALFRED J AMSLER  
Certificado de calibración CMC-093-2018
- 3. MÉTODO DE ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.078.2012
- 4. RESULTADOS :

Fecha de ensayo: 04/06/19

IDENTIFICACIÓN	DIMENSIONES (MM)			DISTANCIA ENTRE APOYOS (MM)	CARGA MÁXIMA (KG)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (KG/CM <sup>2</sup> )	OBSERVACIÓN
	LARGO	ANCHO	ALTO				
Sin fibra	503	152	154	450	2400	50.2	Fallo en el tercio medio
Con fibra	503	154	154	450	3550	73.3	Fallo en el tercio medio

5. OBSERVACIONES : La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. G.P.L.



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe





## ANEXO 17



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

# Certificado de Calibración

## LFP - 274 - 2018

Laboratorio de Fuerza y Presión

Página 1 de 4

Expediente	<b>99772</b>	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>	
Dirección	<b>Av. Tupac Amaru 210 - Rímac</b>	
Instrumento de Medición	<b>MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL</b>	
Intervalo de Indicaciones	<b>0 kN a 3 000 kN (*)</b>	
Resolución	<b>0,1 kN</b>	
Marca	<b>TONI TECHNIK</b>	
Modelo	<b>2091</b>	
Número de Serie	<b>061</b>	
Procedencia	<b>ALEMANIA</b>	
Clase de Exactitud	<b>NO INDICA</b>	
Fecha de Calibración	<b>2018-06-28</b>	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Area de Mecánica	Laboratorio de Fuerza y Presión
 2018-07-02	 ALDO QUIROGA ROJAS Dirección de Metrología	 LEONARDO DE LA CRUZ GARCIA Dirección de Metrología

**Instituto Nacional de Calidad - INACAL**  
**Dirección de Metrología**  
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú  
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501  
Email: [metrologia@inacal.gob.pe](mailto:metrologia@inacal.gob.pe)  
Web: [www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)

Puede verificar el número de certificado en la página:  
<https://aplicaciones.inacal.gob.pe/dm/verificar/>



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

## Certificado de Calibración LFP – 274 – 2018

Página 2 de 4

### Método de Calibración

Método de comparación tomando como referencia la Norma ISO 7500-1 "Metallic materials-Verification of static uniaxial testing machines"

### Lugar de Calibración

Laboratorio N°1 - Laboratorio de Ensayo de Materiales - LEM  
Av. Tupac Amaru 210 Rimac

### Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	19,4°C	19,7°C

### Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrón de Referencia de Laboratorio Acreditado DAKKS D-K-12029-01-00	Transductor de Fuerza LFP 02 038 Clase 0,5	63753 / D-K-12029-01-00 DE : 2017-08-10

### Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL-DM.  
(\* ) La máquina de ensayo fue calibrada en el intervalo de indicaciones de 0 kN a 2 700 kN





**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

## Certificado de Calibración LFP – 274 – 2018

Página 3 de 4

### Resultados de Medición

Dirección de Carga : **Compresión**

Indicación de Fuerza de la Máquina de Ensayo		Indicación en el transductor de fuerza patrón					Promedio	Error
		1ª Serie Ascenso	2ª Serie Ascenso	3ª Serie		4ª Serie - Accesorios Ascenso		
(%)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
10	300,0	297,1	297,5	296,5	-----	297,0	3,0	
20	600,0	597,8	595,0	597,5	-----	596,8	3,2	
27	800,0	798,2	798,7	798,1	-----	798,3	1,7	
33	1 000,0	999,0	998,5	998,4	-----	998,6	1,4	
40	1 200,0	1 199,6	1 200,1	1 200,5	-----	1 200,1	-0,1	
47	1 400,0	1 401,3	1 402,2	1 400,6	-----	1 401,4	-1,4	
53	1 600,0	1 603,1	1 603,2	1 602,5	-----	1 602,9	-2,9	
60	1 800,0	1 804,5	1 805,3	1 803,7	-----	1 804,5	-4,5	
67	2 000,0	2 006,6	2 007,1	2 005,3	-----	2 006,3	-6,3	
90	2 700,0	2 716,6	2 718,1	2 710,9	-----	2 715,2	-15,2	

### Errores Encontrados del Sistema de Medición de Fuerza

Valor Nominal		Errores Relativos encontrados en %					Incertidumbre del error de exactitud U (%) k=2
		Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución Relativa	Error con Accesorios	
(%)	(kN)	<i>q</i>	<i>b</i>	<i>v</i>	<i>a</i>		
10	300,0	1,01	0,34	-----	0,03	-----	0,20
20	600,0	0,54	0,47	-----	0,02	-----	0,30
27	800,0	0,21	0,08	-----	0,01	-----	0,07
33	1 000,0	0,14	0,06	-----	0,01	-----	0,07
40	1 200,0	-0,01	0,07	-----	0,01	-----	0,07
47	1 400,0	-0,10	0,11	-----	0,01	-----	0,08
53	1 600,0	-0,18	0,04	-----	0,01	-----	0,07
60	1 800,0	-0,25	0,09	-----	0,01	-----	0,07
67	2 000,0	-0,31	0,09	-----	0,01	-----	0,07
90	2 700,0	-0,56	0,27	-----	0,00	-----	0,17
Error relativo de cero $f_0$		-0,04					

Clase de la escala de la máquina	Valor máximo permitido % Según la Norma ISO 7500 - 1				
	Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución Relativa	Cero $f_0$
	<i>q</i>	<i>b</i>	<i>v</i>	<i>a</i>	
0,5	± 0,5	0,5	± 0,75	0,25	± 0,05
1	± 1,0	1,0	± 1,5	0,5	± 0,1
2	± 2,0	2,0	± 3,0	1,0	± 0,2
3	± 3,0	3,0	± 4,5	1,5	± 0,3

kN = kilonewton

Instituto Nacional de Calidad - INACAL  
Dirección de Metrología  
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú  
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501  
email: [metrologia@inacal.gob.pe](mailto:metrologia@inacal.gob.pe)  
WEB: [www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)





**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

## Certificado de Calibración LFP – 274 – 2018

Página 4 de 4

### Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

### Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

### DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPI mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad basado en las Normas Guía ISO 34 e ISO/IEC 17025 con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

### SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.



**Resultados de medición**

Dirección de carga : Compresión 50000 kgf.

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1º ascenso	2º ascenso	3º ascenso			
0	0	0	0	0	0	0,0	0,1
10	5000	5027	5015	5006	5016	-0,3	0,1
20	10000	10042	9991	10016	10016	-0,2	0,1
30	15000	15018	14996	15019	15011	-0,1	0,1
40	20000	19936	19939	19935	19937	0,3	0,1
50	25000	24942	24953	24930	24942	0,2	0,1
60	30000	29931	29952	29984	29956	0,1	0,1
70	35000	34937	34917	34948	34934	0,2	0,1
80	40000	40018	40060	40069	40049	-0,1	0,1
90	45000	44914	44927	44941	44927	0,2	0,1



Dirección de carga : Compresión 25000kgf

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1º ascenso	2º ascenso	3º ascenso			
0	0	0	0	0	0	0,0	0,1
10	2500	2549	2531	2478	2519	-0,8	0,2
20	5000	5060	5031	5043	5044	-0,9	0,1
30	7500	7570	7547	7579	7565	-0,9	0,1
40	10000	10058	10049	9963	10024	-0,2	0,1
50	12500	12557	12559	12528	12548	-0,4	0,1
60	15000	15043	15058	14982	15027	-0,2	0,1
70	17500	17589	17551	17490	17544	-0,2	0,1
80	20000	20139	20102	20043	20095	-0,5	0,1
90	22500	22606	22596	22560	22587	-0,4	0,1



CMC-093-2018





**Resultados de medición**

Dirección de carga : Compresión 5000 kgf.

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1° ascenso	2° ascenso	3° ascenso			
0	0	0	0	0	0	0,0	0,1
10	500	516	502	503	507	-1,4	0,2
20	1000	1061	1031	1024	1038	-3,7	0,3
30	1500	1519	1506	1518	1514	-1,0	0,2
40	2000	2024	2020	2010	2018	-0,9	0,3
50	2500	2477	2502	2485	2488	0,5	0,2
60	3000	2979	2967	2979	2975	0,8	0,2
70	3500	3541	3509	3512	3521	-0,6	0,2
80	4000	4016	3989	3994	4000	0,0	0,2
90	4500	4550	4547	4517	4538	-0,8	0,2

Dirección de carga : Compresión celda 10000kgf

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1° ascenso	2° ascenso	3° ascenso			
0	0	0	0	0	0	0,0	0,1
10	1000	933	913	920	922	8,5	0,2
20	2000	1942	1903	1927	1924	4,0	0,1
30	3000	2935	2887	2922	2915	2,9	0,1
40	4000	3919	3865	3908	3897	2,6	0,1
50	5000	4929	4874	4907	4904	2,0	0,1
60	6000	5919	5863	5869	5884	2,0	0,1
70	7000	6916	6866	6886	6890	1,6	0,1
80	8000	7950	7887	7901	7913	1,1	0,1
90	9000	8957	8933	8894	8928	0,8	0,1

**Incertidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2 y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

**Notas**

El usuario esta obligado a tener el equipo verificado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado



CMC-093-2018



THE INTERNATIONAL CERTIFICATION NETWORK

# CERTIFICATE

CISQ/ICIM SPA has issued an IQNet recognized certificate that the organization:

**SIKA S.r.l.**

**Via della Pace, 7-9 - I-31030 Casier (TV)**

has implemented and maintains a  
**Quality Management System**

for the following scope:

**Design, production and trading of metal cold-rolled profiles and  
press-formed accessories.**

which fulfils the requirements of the following standard:

**ISO 9001:2015**

Issued on: **2018-07-09**  
First issued on: **2012-07-09**  
Expires on: **2021-07-08**

*This attestation is directly linked to the IQNet Partner's original certificate and shall not be used as a stand-alone document.*

Registration Number: **IT-83057**



Alex Stoichitoiu  
President of IQNET



Ing. Claudio Provetti  
President of CISQ

**IQNet Partners\*:**

AENOR Spain AFNOR Certification France APCER Portugal CCC Cyprus CISQ Italy  
CQC China CQM China CQS Czech Republic Cro Cert Croatia DQS Holding GmbH Germany FCAV Brazil  
FONDONORMA Venezuela ICONTEC Colombia Inspecta Sertifiointi Oy Finland INTECO Costa Rica  
IRAM Argentina JQA Japan KFQ Korea MIRTEC Greece MSZT Hungary Nemko AS Norway NSAI Ireland  
NYCE-SIGE Mexico PCBC Poland Quality Austria Austria RR Russia SII Israel SIQ Slovenia  
SIRIM QAS International Malaysia SQS Switzerland SRAC Romania TEST St Petersburg Russia TSE Turkey YUQS Serbia  
IQNet is represented in the USA by: AFNOR Certification, CISQ, DQS Holding GmbH and NSAI Inc.

0774CM\_03\_EN

\* The list of IQNet partners is valid at the time of issue of this certificate. Updated information is available under [www.iqnet-certification.com](http://www.iqnet-certification.com)