



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE**

**DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**ESTUDIO DE LA VIGA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL DE  
HORMIGÓN EN RELACIÓN AL USO DE LA FIBRA DE CARBONO Y  
ACERO DE REFUERZO  $FY = 4200 \text{ KG/CM}^2$**

**TUTOR:**

**MSC. ING. MAX DARIO ALMEIDA FRANCO**

**AUTOR:**

**CARLOS MAXIMILIANO VON BUCHWALD BRIONES**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2019**

<b>REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>	
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS</b>	
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b> "ESTUDIO DE LA VIGA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL DE HORMIGÓN EN RELACIÓN AL USO DE LA FIBRA DE CARBONO Y ACERO DE REFUERZO FY =4200 KG/CM2."	
<b>AUTOR/ES:</b> CARLOS MAXIMILIANO VON BUCHWALD BRIONES	<b>REVISORES O TUTORES:</b> MSc. ING. MAX DARIO ALMEIDA FRANCO
<b>INSTITUCIÓN:</b> Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	<b>Grado obtenido:</b> Ingeniero Civil
<b>FACULTAD:</b> Facultad de Ingeniería, Industria y construcción.	<b>CARRERA:</b> Ingeniería Civil.
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b> 2019	<b>N. DE PAGS:</b> 63
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b> Arquitectura y Construcción	
<b>PALABRAS CLAVE:</b> Construcción civil, Hormigón, Carbono, Elemento estructural (Construcción), Acero, Ensayo de materiales.	
<b>RESUMEN:</b> Los elementos estructurales de hormigón armado con acero de refuerzo se degradan continuamente y pierden su capacidad estructural: se fisuran y oxidan las armaduras, disminuyendo su vida útil. La degradación del hormigón aumenta cuando la estructura está en ambientes altamente agresivos. Las barras de fibra de carbono pueden ser usadas en forma combinada con el acero de refuerzo, para mejorar en las estructuras su resistencia y por ende en la durabilidad del hormigón armado.  La fibra de carbono es un polímero no metálico, entre tres y cinco veces más ligero, y unas seis veces más resistente que el acero de refuerzo. Su durabilidad y alta resistencia combinada con las varillas de acero forma un sistema compuesto de hormigón armado que permite mejorar su estructura.	
<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>	

<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b> CARLOS MAXIMILIANO VON BUCHWALD BRIONES	<b>Teléfono:</b> 0991851718 042817093	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:Carlosvbb83@hotmail.com">Carlosvbb83@hotmail.com</a> <a href="mailto:cvonb@ulvr.edu.ec">cvonb@ulvr.edu.ec</a>
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	<p>Mg. ALEX SALVATIERRA ESPINOZA, DECANO Teléfono: 2596500 EXT. 241 DECANATO E-mail: asalvatierrae@ulvr.edu.ec</p> <p>Msc. Alexis Valle Benítez, DIRECTOR DE CARRERA Teléfono: 2596500 EXT. 213 E-mail: avalleb@ulvr.edu.ec</p>	



## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES**

Yo, Carlos Maximiliano von Buchwald Briones, declaro bajo juramento, que la autoría del presente trabajo de investigación, corresponde totalmente al suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos nuestros derechos patrimoniales y de titularidad a la UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL, según lo establece la normativa vigente.

Este proyecto se ha ejecutado para el “ESTUDIO DE LA VIGA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL DE HORMIGÓN EN RELACIÓN AL USO DE LA FIBRA DE CARBONO Y ACERO DE REFUERZO FY =4200 KG/CM2.”

Autor

Firma: \_\_\_\_\_

Carlos Maximiliano von Buchwald Briones

C.I. 0921793311


## CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación “ESTUDIO DE LA VIGA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL DE HORMIGÓN EN RELACIÓN AL USO DE LA FIBRA DE CARBONO Y ACERO DE REFUERZO  $FY = 4200 \text{ KG/CM}^2$ ”, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad LAICA VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: “ESTUDIO DE LA VIGA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL DE HORMIGÓN EN RELACIÓN AL USO DE LA FIBRA DE CARBONO Y ACERO DE REFUERZO  $FY = 4200 \text{ KG/CM}^2$ .” presentado por el estudiante Carlos Maximiliano von Buchwald Briones como requisito previo, para optar al Título de Ingeniero Civil, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



MSc. MAX DARIO ALMEIDA FRANCO

C.I. 0906706981

## **AGRADECIMIENTO**

Son muchas las personas a las que debo agradecerles, por haber formado parte de mi vida personal y profesional. Pero quiero empezar agradeciendo principalmente a Dios, porque me ha dado las fuerzas necesarias para poder continuar con este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.

A todos los docentes de la carrera de los cuales he aprendido todos los conocimientos obtenidos hasta ahora, y de manera especial a mi tutor de tesis el Ingeniero Max Almeida Franco por dedicar su tiempo y aportar con todo su conocimiento, para lograr un trabajo de calidad, también agradecer a todos mis compañeros de aula de los cuales me llevo muy buenos recuerdos.

Además, agradezco a mi hermosa hija, mi esposa, a mis padres y mi hermano por ser un pilar importante en mi vida, por haberme dado su apoyo incondicional para que logre culminar mi carrera profesional con éxito.

A cada uno de ellos quiero expresarle mi más sincero y profundo agradecimiento.

**CARLOS MAXIMILIANO VON BUCHWALD BRIONES**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado de manera especial a Dios y a mi hermosa hija Micaela que ha sido mi mayor fuente de inspiración y motivación para concluir con éxito este proyecto de tesis. A mis padres, hermanos y amigos por sus consejos y soporte para poder vencer los obstáculos que se me presentaron durante el desarrollo de este proyecto de tesis.

También dedico este proyecto a mi esposa Johanna, quien ha sido mi compañera inseparable de cada jornada. Sin cada uno de ellos no hubiera sido posible llegar hasta este momento en mi vida profesional y personal. Todos tuvieron confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Gracias a ellos por creer en mí. Por mi familia y amigos soy lo que soy ahora.

**CARLOS MAXIMILIANO VON BUCHWALD BRIONES**

# ÍNDICE GENERAL

## Contenido

CAPÍTULO I .....	2
1.1 Tema .....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Formulación del problema. ....	3
1.4 Sistematización del problema. ....	3
1.5 Objetivo general.....	3
1.6 Objetivos Específico .....	3
1.7 Justificación de la investigación. ....	3
1.8 Delimitación de la investigación.....	4
1.9 Hipótesis.....	4
1.9.1 Variable independiente .....	4
1.9.2 Variable Dependiente.....	4
1.10 Línea de Investigación Institucional/Facultad. ....	5
CAPITULO II .....	6
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
2.1. Marco teórico.....	6
2.1.1 Hormigón simple.....	6
2.1.2. Hormigón armado. ....	6
2.1.3. Antecedentes históricos.....	7
2.1.4 Resistencia Nominal .....	8
2.1.5. Resistencia De Diseño.....	8
2.1.6. Rigidez .....	8
2.1.7 Ventajas del diseño por resistencia .....	9
2.1.8. Ductibilidad .....	10
2.1.9. Fibra de carbono .....	11
2.1.10. Resistencia.....	12
2.1.11. Resistencia Requerida .....	13
2.1.12. Reforzamiento con Fibra de Carbono (CFRP).....	13
2.1.13. Propiedades de la Fibra de Carbono.....	13
2.1.14. Aplicaciones y usos de la fibra de carbono .....	14
2.1.15. Metodología de Instalación de fibra de carbono como refuerzo estructural	15
2.2. Marco Legal.....	16
2.2.1. NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN - NEC NEC-SE-HM .....	16

2.2.2.	ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO. ....	16
2.2.3.	Requisitos para elementos en flexión.....	16
2.2.4.	Diseño por flexión .....	17
2.2.5.	Distancia entre los apoyos laterales .....	17
2.2.6.	Razón de refuerzo máximo.....	17
2.2.7.	Refuerzo longitudinal mínimo en elementos sometidos a flexión.....	18
CAPITULO III .....		19
<b>3. Metodología de la Investigación.....</b>		<b>19</b>
3.1	Enfoque .....	19
3.2	Modalidad de la investigación .....	19
3.3	Normas aplicables .....	19
3.4	Tipo de investigación.....	20
3.5	Muestra .....	20
3.6	Entrevista. ....	20
3.7	Técnica de la Investigación.....	20
3.8	Trabajo de laboratorio.....	21
	Contenido de humedad.....	21
	Plasticidad (Limites Liquido y Plásticos) .....	22
	Análisis Granulometría.....	23
<b>4. Análisis de Resultados y Propuesta.....</b>		<b>25</b>
4.1	Desarrollo Experimental.....	25
4.1.1	Cuadro de ensayos realizados .....	25
4.1.2	Normas Aplicadas.....	26
4.1.3	Ensayos realizados para la obtención del diseño de hormigón .....	26
4.1.4	Trabajos de Laboratorio .....	26
4.1.5	Cálculo para el diseño de Hormigón .....	34
4.1.6	Diseño de hormigón 210 Kg/cm 2 .....	35
4.1.7	Ensayo a la Flexión del Hormigón.....	36
4.2	RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION.....	37
4.3	CALCULO-ANALISIS DE PRECIOS UNITARIO (APUS).....	38
4.4	Conclusiones .....	45
4.5	Recomendaciones .....	47
	Bibliografía .....	47
ANEXOS 1 Fotos de elaboracion de las vigas y rotura a flexion .....		49

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
<b>Tabla 1:</b> Línea de Investigación Institucional/Facultad.....	5
<b>Tabla 2:</b> <i>Catálogo de varillas de CFRP de la empresa FORTEC STABILIZATION</i> .....	14
<b>Tabla 3:</b> <i>Contenido de humedad total de agregado por secado, grueso</i> .....	27
<b>Tabla 4:</b> <i>Contenido de humedad total de agregado por secado, fino</i> .....	28
<b>Tabla 5:</b> <i>Resistencia a la degradación de agregado grueso</i> .....	29
<b>Tabla 6:</b> <i>Resistencia de agregados gruesos por uso de sulfato de sodio o de sulfato magnesio</i> .....	30
<b>Tabla 7:</b> <i>Análisis por tamizado de agregados finos</i> .....	31
<b>Tabla 8:</b> <i>Gravedad específica y absorción de agregado fino</i> .....	32
<b>Tabla 9:</b> <i>Peso unitario en agregado grueso</i> .....	33
<b>Tabla 10:</b> <i>Peso unitario en agregado fino</i> .....	34
<b>Tabla 11:</b> <i>Diseño de hormigón 210 Kg/cm<sup>2</sup></i> .....	35
<b>Tabla 12:</b> <i>Resistencia a flexión</i> .....	37
<b>Tabla 13:</b> <i>Encofrado de madera</i> .....	38
<b>Tabla 14:</b> <i>Hormigón simple</i> .....	39
<b>Tabla 15:</b> <i>Acero de refuerzo</i> .....	40
<b>Tabla 16:</b> <i>Varilla fibra de carbono</i> .....	41
<b>Tabla 17:</b> <i>Viga hormigón armado (acero)</i> .....	42
<b>Tabla 18:</b> <i>Viga hormigón armado (carbono)</i> .....	43
<b>Tabla 19:</b> <i>Cuadro costo beneficio</i> .....	44

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	<b>Página</b>
Gráfico 1: <i>Tipos de ductilidad, gráficas y definiciones</i> .....	11
Gráfico 2: <i>Filamentos de fibras de carbono</i> .....	12
Gráfico 3: <i>Diagrama esfuerzo- deformación</i> .....	12
Gráfico 4: <i>Características del elemento a flexión</i> .....	16
Gráfico 5: <i>Requisitos del refuerzo longitudinal en elementos a flexión</i> .....	18
Gráfico 6: <i>Plasticidad (limites líquido y plástico)</i> .....	22
Gráfico 7: <i>Módulo de rotura de la vigueta (formula)</i> .....	24
Gráfico 8 : <i>Diseño de la viga</i> .....	37

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación se basa en la utilización de la fibra de carbono como reemplazo de la varilla de acero FY: 4200 KG/CM<sup>2</sup>.

A través de los años, el hormigón ha sido utilizado y elaborado en diferentes países. En Ecuador, se lo emplea de manera convencional (arena, cemento, grava y agua). También se lo aprovecha como material principal para el área de la construcción, ya sean como elementos no estructurales y estructurales.

Debido a esto, surge la necesidad de buscar nuevas alternativas que permitan disminuir el costo del hormigón como material y además reducir su densidad pues afecta directamente el peso total. Al reducir su densidad se obtienen múltiples ventajas, entre ellas el uso de secciones más pequeñas, reducción del peso de los materiales a manipularse, costo de montaje, transporte, manipulación y lo más importante: costos de obra.

Por esta razón, el objetivo de este trabajo de investigación es observar el comportamiento de la fibra de carbono como elemento estructural sustituyendo la varilla de acero o utilizándola en conjunto con el acero de refuerzo en vigas de hormigón armado.

## CAPÍTULO I

# DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1 Tema.

Estudio de la viga como elemento estructural de hormigón en relación al uso de la fibra de carbono y acero de refuerzo  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

### 1.2 Planteamiento del problema.

Los elementos estructurales de hormigón armado con acero de refuerzo se degradan continuamente y pierden su capacidad estructural: se fisuran, oxidan las armaduras, disminuyendo la vida útil de la estructura.

¿Cuáles son las principales causas? La degradación del hormigón aumenta, cuando la estructura está en ambientes altamente agresivos como la erosión, las altas temperaturas, los ciclos de sequedad y humedad, entre muchos otros.

Las barras de fibra de carbono pueden ser usadas en forma combinada con el acero de refuerzo para mejorar en las estructuras, su resistencia y por ende en la vida útil del hormigón armado.

La fibra de carbono es un polímero no metálico, entre tres y cinco veces más ligero, y unas seis veces más resistente que el acero de refuerzo. Su durabilidad y alta resistencia combinada con las varillas de acero forma un sistema compuesto de hormigón armado que permite mejorar su estructura.

### **1.3 Formulación del problema.**

¿De qué manera influye el uso de las barras de fibra de carbono combinadas con las varillas de acero, en la resistencia a flexión de una viga estructural?

### **1.4 Sistematización del problema.**

¿Cómo utilizar las barras de fibra de carbono combinadas con las varillas de acero para aumentar la capacidad de soporte de carga de las estructuras de hormigón?

¿Analizar las barras de fibra de carbono combinadas con las varillas de acero para aumentar la capacidad a flexión de las vigas en hormigón?

### **1.5 Objetivo general**

Estudiar el comportamiento de la fibra de carbono como elemento estructural sustituyendo la varilla de acero o utilizándola en conjunto con el acero de refuerzo en vigas de hormigón armado.

### **1.6 Objetivos Específico**

- Observar la resistencia a flexión en vigas de hormigón, utilizando varillas de fibra de carbono.
- Inspeccionar la resistencia a flexión en vigas de hormigón, utilizando varillas de acero.
- Obtener datos de comparación entre vigas de hormigón armado con varillas de acero y hormigón armado con varillas de fibra de carbono.

### **1.7 Justificación de la investigación.**

En el área de la construcción, las estructuras tradicionales de hormigón armado con varillas de acero de refuerzo se ven afectadas por el ambiente agresivo como las altas temperaturas, la humedad y las constantes lluvias. Por esta razón, se implementa el uso de las barras de fibra de carbono para mejorar la resistencia, durabilidad y corrosión en el hormigón armado.

El empleo de las barras de fibra de carbono evitará que la estructura se deteriore por los efectos físicos y químicos del medio ambiente, mejorando la vida útil del elemento estructural, producto de estudio.

### **1.8 Delimitación de la investigación.**

**Campo:** Educación Superior Pregrado

**Área:** Ingeniería Civil

**Aspecto:** Investigación exploratoria

**Tema:** Estudio de la viga como elemento estructural de hormigón en relación al uso combinado de la fibra de carbono y al acero de refuerzo  $f_y = 4200$  kg/cm<sup>2</sup>.

**Delimitación Especial:** Guayaquil, Ecuador

**Delimitación temporal:** 6 meses

### **1.9 Hipótesis.**

La varilla de fibra de carbono puede servir como sustituto o complemento para las varillas tradicionales de acero de refuerzo utilizadas en el hormigón.

#### **1.9.1 Variable independiente**

Cargas a flexión aplicadas a vigas de hormigón armado con refuerzo de fibra de carbono, con cuantías controladas en ambas. Análisis teórico de ambos materiales y su interacción con el hormigón.

#### **1.9.2 Variable Dependiente**

Cuantías de refuerzo en fibra de carbono para obtener la misma resistencia a flexión que una viga de hormigón armado con varillas.

## 1.10 Línea de Investigación Institucional/Facultad.

**Tabla 1:**

*Línea de Investigación Institucional/Facultad.*

Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	1. Territorio	A. Ordenamiento territorial, Usos del Suelo y Urbanismo.
---	---------------	--

**Fuente:** UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE (ULVR, 2019)

**Elaborado por:** Von Buchwald, C. (2019)

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Marco teórico.**

##### **2.1.1 Hormigón simple.**

El hormigón simple es un material usado, comúnmente en la industria de la construcción, conformado principalmente por piedra triturada, arena o algún otro tipo de material granular, unidos entre sí por una pasta de cemento y agua. Tiene muy buenas propiedades de resistencia a la compresión, pero muy baja resistencia a la tensión y por la naturaleza de su composición es un material no homogéneo.

##### **2.1.2. Hormigón armado.**

El hormigón armado consiste en añadir refuerzo, generalmente en forma de varillas de acero al hormigón simple para suplir la deficiencia del mismo en tracción porque el acero es un material especialmente bueno resistiendo esfuerzos de tensión.

Las principales ventajas del hormigón armado son las siguientes:

1. Tiene una gran resistencia en comparación con su costo.
2. Se pueden construir estructuras muy rígidas, no es necesario darle mucho mantenimiento.
3. Es el material a elegir en construcciones en ambientes agresivos o expuestos a fluidos debido a sus propiedades de resistencia al agua y fuego (McCormac & Brown, 2011).
4. El hormigón armado es probablemente el material disponible más importante para la construcción. Puede usarse en una u otra forma para casi todas las estructuras, grandes o pequeñas, como edificios, puentes, pavimentos, presas, muros de retención, túneles, instalaciones de drenaje e irrigación, tanques, etc.
5. El hormigón aprovecha para su elaboración, la existencia de materiales locales baratos (arena, grava y agua) y requiere cantidades relativamente pequeñas de cemento

y acero de refuerzo, además se requiere mano de obra de baja calificación para su montaje, en comparación con otros materiales, como el acero estructural (McCormac & Brown, 2011).

### **2.1.3. Antecedentes históricos**

La primera estructura de hormigón armado fue construida en 1854. Se trata de una embarcación que fue descubierta por el industrial Joseph-Louis Lambot, quien vio que al añadir hierro se podía aumentar, notablemente la resistencia de los elementos de concreto.

El uso del hormigón armado fue aumentando entre los años 1861 y 1867, se desarrollaron varias patentes por parte de los ingenieros Coignet y J. Monier, este segundo logró reducir los espesores de las estructuras de la época mediante una adecuada distribución del refuerzo.

No fue sino hasta después de 1875 que el hormigón armado fue estudiado científicamente por el Ing. Hennebicq, logrando ejecutar obras de gran importancia.

En 1884, el Ing. Emperger de la Universidad de Viena empieza a estudiar el hormigón armado a mayor detalle, y es aquí donde, basándose en teorías de mecánica y en experimentos realizados a estructuras de hormigón armado existentes, establece la mayoría de normas e hipótesis de cálculo que se utilizan actualmente. Con todo derecho se le llama el “abuelo del hormigón armado”.

Paralelamente, a los estudios e investigaciones de Emperger, los profesores Mörsch y Probst, a su vez, contribuyeron eficazmente al estudio y perfeccionamiento de métodos de cálculo de este nuevo sistema de construcción, llegando así estos investigadores y muy especialmente el ilustre profesor Dr. Ing. Marcus a formar una teoría científica para el cálculo del Hormigón Armado.

Aunque en EEUU se realizaron pruebas y ensayos al hormigón desde 1875, no fue hasta 1890 que este material se popularizó en el mundo de la construcción.

#### **2.1.4 Resistencia Nominal**

Resistencia de un elemento calculada mediante las consideraciones del diseño por resistencia última (NEC-SE-HM, 2015, 2015) antes de aplicar cualquier factor de reducción de resistencia.

#### **2.1.5. Resistencia De Diseño**

“La resistencia de diseño es la resistencia nominal multiplicada por el factor de reducción de resistencia que corresponda” (NEC-SE-HM, 2015, 2015) Este factor varía según el elemento a ser diseñado y su objetivo es el de absorber la incertidumbre que existe por la distribución de esfuerzos en el material y consideraciones constructivas, entre otros. Para el diseño de vigas este factor adimensional es de 0.9 (McCormac & Brown, 2011)

#### **2.1.6. Rigidez**

La rigidez se puede definir como la propiedad que tiene un material para oponerse a la deformación. Para poder cuantificar la rigidez de un elemento existe el módulo de Young, también conocido como módulo de elasticidad (Ottazzi, 2004)

$$E = \sigma \varepsilon$$

La Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC 2015, define al módulo de elasticidad para el hormigón como “Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material”.

Adicionalmente, la rigidez a flexión de un elemento se ve también afectado por su geometría, mediante su inercia, teniendo la expresión  $EI$  comúnmente conocida como módulo de rigidez a flexión. Debido a la flexión a la que están sometidas las vigas de hormigón armado, estas sufren de agrietamiento, lo cual debilita su sección transversal y reduce su resistencia. Para tomar en cuenta el efecto del agrietamiento, los códigos nacionales recurren al uso de lo que se conoce como inercia efectiva, que no es nada más que la inercia total del elemento multiplicada por un factor de reducción que es 0.5 para vigas (NEC-SE-HM, 2015, 2015), esto

es debido a que al agrietarse la parte de la sección que se encuentra a tensión del hormigón no aporta a la rigidez del elemento.

### **2.1.7 Ventajas del diseño por resistencia**

De acuerdo a (McCormac & Brown, 2011), algunas de las ventajas que tiene el método de diseño por resistencia en comparación con el método de diseño de esfuerzos de trabajo, que ya no está permitido, son las siguientes:

1. La obtención de las expresiones del diseño por resistencia toma en cuenta la forma no lineal del diagrama esfuerzo-deformación unitario. Cuando se aplican las ecuaciones resultantes, decididamente se obtienen mejores estimaciones de la capacidad de carga.
2. Con el diseño por resistencia, se usa una teoría más consistente para el diseño de estructuras de concreto reforzado. Por ejemplo, en el diseño por esfuerzos de trabajo se usaba el método de área transformada o el de línea recta para diseño de vigas y se empleaba un procedimiento de diseño por resistencia para las columnas.
3. En el diseño por resistencia se usa un factor de seguridad más realista. El consultor especialista ciertamente puede estimar las magnitudes de las cargas muertas que una estructura tendrá que soportar con más exactitud que al estimar las cargas vivas y ambientales. Con el método de diseño por esfuerzos de trabajo se usaba el mismo factor de seguridad para cargas muertas, vivas y ambientales. Éste no es el caso para el diseño por resistencia. Por esta razón, el uso de diferentes factores de carga o de seguridad en el diseño por resistencia para los diferentes tipos de cargas es una mejoría definitiva.
4. Una estructura diseñada con el método de resistencia tendrá un factor de seguridad más uniforme contra el colapso. El método de resistencia aprovecha ventajosamente los aceros de alta resistencia, mientras que el diseño por esfuerzos de trabajo sólo lo hacía parcialmente. El resultado es una mayor economía al emplear el diseño por resistencia.

5. El método por resistencia permite diseños más flexibles que el método por esfuerzos de trabajo. Por ejemplo, el porcentaje de acero puede variar bastante. En consecuencia, se pueden usar grandes secciones con porcentajes pequeños de acero, o bien secciones pequeñas con grandes porcentajes de acero.

### **2.1.8. Ductibilidad**

Es la capacidad de deformación de un elemento dentro del rango inelástico (Ottazzi, 2004), propiedad muy importante en aplicaciones sísmicas.

La importancia de la ductilidad está en que la disipación de energía que se da en el momento de un sismo es mediante la deformación del elemento, tanto en el rango elástico como en el rango plástico. En este sentido la varilla de fibra de carbono tiene un enfoque diferente. La fibra de carbono tiene un comportamiento elástico hasta el momento en que alcanza su esfuerzo último, es decir, no fluye sino que va directo desde un estado elástico a un estado de ruptura. Sin embargo, la deformación última de la fibra de carbono es mayor a la deformación de fluencia del acero, permitiendo que este pueda trabajar en grados de deformación muy similares a los que trabaja el acero. (ACI318S-14, 2015)

También se puede evaluar la capacidad de una estructura antes del colapso mediante el análisis de la ductilidad de la misma. De igual manera se puede medir su desempeño ante cargas sísmicas o cargas de viento mediante su deformación inelástica, deformación que está íntimamente relacionada a la ductilidad. (Giuncu, 2000). En la figura 2 se pueden observar varios tipos de ductilidad, de acuerdo al tipo de deformación que se está tomando en cuenta.

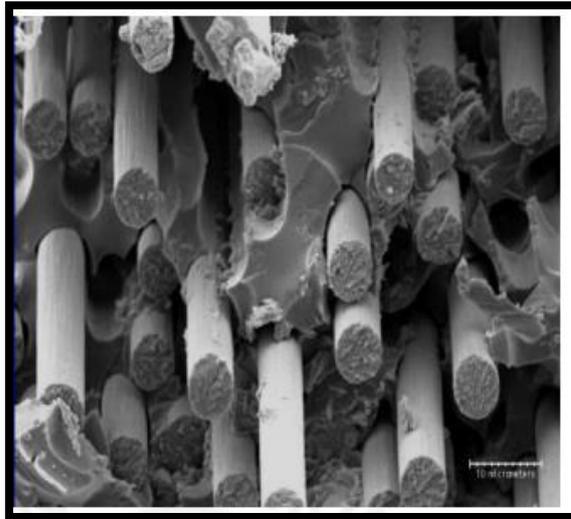
Ductility types	Schematic representation	Definition
Material (axial) ductility		$\mu_\epsilon = \frac{\epsilon_u}{\epsilon_y}$
Cross-section (curvature) ductility		$\mu_\chi = \frac{\chi_u}{\chi_y}$
Member (rotation) ductility		$\mu_\theta = \frac{\theta_u}{\theta_y}$
Structure (displacement) ductility		$\mu_\delta = \frac{\delta_u}{\delta_y}$

**Figura 1:** Tipos de ductilidad, gráficas y definiciones.

**Fuente:** Giuncu, 2000.

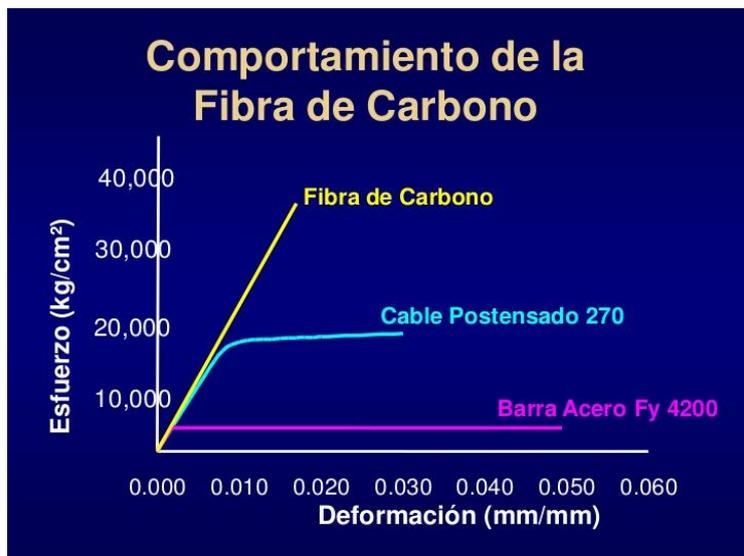
### 2.1.9. Fibra de carbono

La fibra de carbono es un polímero obtenido a partir de poliacrilonitrilo, tiene una gran resistencia mecánica, además de ser bastante flexible y duradero. Los estudios a la fibra de carbono surgieron en el año 1956 de la mano de la empresa Unión Carbide, en Cleveland. Luego de esto William Watt logró producir una fibra con módulo más alto que las fabricadas anteriormente, por lo que automáticamente fue comercializada con mucho éxito (Society, 2017)



**Figura 2:** Filamentos de fibras de carbono.

**Fuente:** Society, 2017.



**Figura 3:** Diagrama esfuerzo- deformación.

**Fuente:** Baca, 2005.

### 2.1.10. Resistencia

La resistencia se puede definir como la capacidad de un elemento de estar sometido a acciones externas sin dañarse o colapsar (Ottazzi, 2004). Sin embargo, dentro del diseño de elementos de hormigón armado podemos encontrar varias

definiciones de acuerdo al tipo de carga aplicada, al tipo de ensayo realizado, tipo de diseño, etc.

#### **2.1.11. Resistencia Requerida**

Es la resistencia que un elemento debe tener ante las diferentes fuerzas internas que se producen debido a cargas incrementadas que se emplean para diseñar el elemento estructural (NEC-SE-HM, 2015, 2015).

#### **2.1.12. Reforzamiento con Fibra de Carbono (CFRP)**

Una de las principales ventajas de la fibra de carbono, como elemento de refuerzo, es su alta resistencia en relación con su tamaño, debido a que los cristales que unen los átomos de carbono se encuentran paralelos al eje longitudinal de la fibra. Los filamentos que constituyen a este material tienen entre 50 y 10 micras ( $\mu\text{m}$ ) de diámetro. (Miravete, 2001)

Además las varillas de fibra de carbono alcanzan resistencias mucho más altas que las varillas de acero, con un quinto de su peso, por lo que se pueden utilizar secciones más pequeñas y tener estructuras más delgadas que con el hormigón armado convencional.

#### **2.1.13. Propiedades de la Fibra de Carbono**

Las propiedades principales de la fibra de carbono son las siguientes:

- Baja densidad. Por lo general, varía en el rango de 1.8 a 2.2 g/cm<sup>3</sup>.
- Tienen un coeficiente de dilatación muy bajo, lo que permite una gran estabilidad dimensional a las estructuras y una conductividad térmica elevada.
- Gran capacidad de aislamiento.
- Resistencia a las variaciones de temperatura, conservando su forma.
- Resistencia a ambientes alcalinos y externos susceptibles de corrosión.

- De sección delgada, pueden ser fácilmente cruzadas y traslapadas. Facilidad de instalación y cambios de diseños.
- Elevada resistencia mecánica, con un módulo de elasticidad elevado.
- Alta rigidez en comparación al acero.
- Tiene gran resistencia a la fatiga

Las varillas de fibra de carbono (CFRP) tienen las siguientes propiedades físicas y mecánicas:

- Densidad: 1570 kg/m<sup>3</sup>.
- Módulo de elasticidad: 124 GPa.

En las varillas de fibra de carbono, a diferencia de las varillas de acero, la deformación última y la resistencia última son variables con respecto al diámetro de la varilla, en la tabla 1 se muestra diferentes valores para diferentes diámetros de varilla.

**Tabla 2:**

**Catálogo de varillas de CFRP de la empresa FORTEC STABILIZATION.**

Tamaño de Barra Declarar U.S. std. (Metric)	Diámetro Nominal de Barra en (mm)	Nominal de Cruz - Regional Área in <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> )	Ultimo Garantizado a Fuerza de Tensión ksi (MPa)	Ultimo Garantizado Barra a Fuerza de Tensión kip <sup>1</sup> (kN)	Alargamineto a Tensión Último <sup>2</sup> (%)
#2 (6)	0.250 (6.3)	0.05 (32)	210 (1448)	10.5 (46.7)	1.17%
#3 (10)	0.375 (9.5)	0.11 (71)	190 (1310)	20.9 (93.0)	1.06%
#4 (13)	0.500 (12.7)	0.20 (129)	170 (1172)	34.0 (151.2)	0.94%
#5 (16)	0.625 (15.9)	0.31 (199)	160 (1103)	49.6 (220.6)	0.89%
#6 (19)	0.750 (19.1)	0.44 (284)	160 (1103)	70.4 (313.2)	0.89%
#7 (22)	0.875 (22.2)	0.60 (387)	150 (1034)	90.0 (400.3)	0.83%
#8 (25)	1.00 (25.4)	0.79 (510)	145 (1000)	114.6 (509.5)	0.81%
#9 (29)	1.128 (28.7)	1.00 (645)	140 (965)	140.0 (622.8)	0.78%
#10 (32)	1.270 (32.3)	1.27 (819)	135 (931)	171.5 (762.6)	0.75%

**Fuente:** <http://www.fortecstabilization.com/datasheets/spanish/BarrasCarbonoFortec.pdf>

#### **2.1.14. Aplicaciones y usos de la fibra de carbono**

El uso de la fibra de carbono en el medio de la construcción puede ser muy variado, este material es muy utilizado debido a sus propiedades mecánicas. A continuación algunas de sus aplicaciones (Miravete, 2001):

- Refuerzo para sistemas sismo resistentes.
- Puentes.
- Reparaciones en obra y después de la misma.
- Edificaciones donde se requiere gran resistencia y un bajo peso.
- Funciona como sensor de carga al mismo tiempo que elemento estructural, aplicación que sirve en experimentos principalmente.

#### **2.1.15. Metodología de Instalación de fibra de carbono como refuerzo estructural**

La metodología más común para la instalación de varillas de la fibra de carbono es la siguiente:

- Mantener en embalaje original hasta el momento de instalación. La superficie de trabajo debe estar limpia y libre de impurezas, también se deberá eliminar todo rastro de hormigón dañado (en caso de existir hormigón previo).
- El colocado de las varillas de fibra de carbono polímero reforzado con barras o CFRP es muy similar a las varillas de acero, en el caso de hormigón nuevo se omite el paso anterior y se prepara el encofrado tal y como se haría con acero de refuerzo convencional, es decir se toma en cuenta separadores y se amarran las varillas a los estribos para que estas queden en la ubicación deseada.
- Luego se puede utilizar algún tipo de adherencia química como epóxico como alternativa para asegurar que no se pierda la adherencia. En el caso de que no sea hormigón nuevo, cualquier poro deberá rellenarse de manera adecuada, ya sea con resina epóxico o mortero.

Se debe tener especial cuidado en su manejo inicial. Las varillas de CFRP deben mantenerse bajo cubierta mientras no sean instaladas para asegurar su integridad. La metodología de instalación de estas varillas, a pesar de su semejanza con la instalación de varillas de acero, es mucho más sencilla gracias al peso y dimensiones reducidas en comparación a una varilla de acero.

## 2.2. Marco Legal.

### 2.2.1. NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN - NEC NEC-SE-HM

### 2.2.2. ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO.

### 2.2.3. Requisitos para elementos en flexión

Las vigas y otros elementos estructurales de pórticos en flexión deberán presentar las siguientes características:

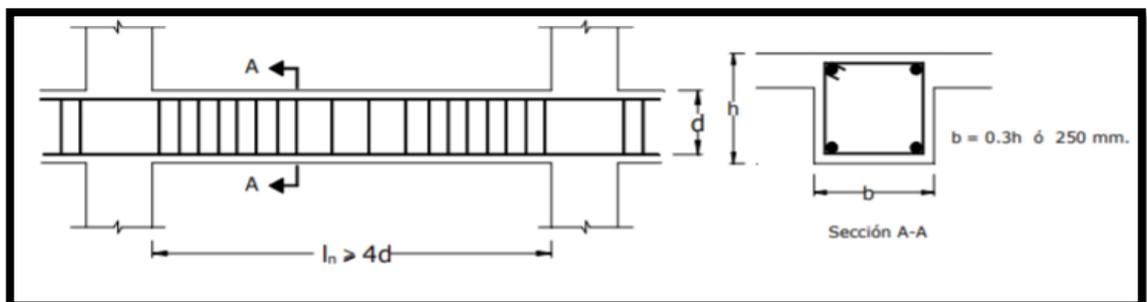
- Ser parte de sistemas resistentes a cargas sísmicas.
- Resistir esas fuerzas fundamentalmente por flexión.
- Las fuerzas axiales incrementadas de compresión del elemento no exceden  $0.10 f'c A_g$  en ninguna combinación de cargas en que participen las cargas sísmicas (véase en la sección 3.4.2 de la NEC-SE-CG)

Dónde:

$f'c$  = Resistencia a la compresión del Hormigón (MPa)

$A_g$  = Área bruta de la sección (mm<sup>2</sup>)

- Que la luz libre sea mayor que cuatro veces la altura útil de la sección transversal (véase Figura 4)
- Que el ancho mínimo  $b$  sea 250 mm (véase Figura 4)
- Que el peralte mínimo cumpla con los requisitos de ACI 318 sección 9.5 (“control de las deflexiones”)



*Figura 4:* Características del elemento a flexión.

*Elaborado por:* Von Buchwald, C. (2019)

El  $\phi V_n$  de vigas y columnas que resisten efectos sísmicos, E no debe ser menor que

(a) y (b):

(a) La suma del cortante asociado con el desarrollo de los momentos nominales del elemento en cada extremo restringido de la luz libre y el cortante calculado para cargas

Gravitacionales incrementadas.

(b) El cortante máximo obtenido de las combinaciones de carga de diseño que incluyan E

Considerando E como el doble del prescrito por la NEC-SE-DS.

#### **2.2.4. Diseño por flexión**

Se realizará mediante un análisis de la sección asumiendo una distribución lineal de la deformación unitaria  $\epsilon_t$  y un bloque de compresión equivalente de acuerdo al código ACI 318. La resistencia que aporte el refuerzo longitudinal en la zona de compresión será despreciada.

#### **2.2.5. Distancia entre los apoyos laterales**

La separación entre los apoyos laterales de una viga no debe exceder de 50 veces el menor ancho b del ala o cara de compresión. Deben tomarse en cuenta los efectos de la excentricidad lateral de la carga al determinar la separación entre los apoyos laterales.

#### **2.2.6. Razón de refuerzo máximo.**

Los valores de  $\rho$  y  $\rho'$  deben ser tales que propicien una falla en flexión controlada por la tracción.

Dónde:

$\rho$  Cuantía del refuerzo  $A_s$  evaluada sobre el área  $bd$

$\rho'$  Cuantía del refuerzo  $A'_s$  evaluada sobre el área  $bd$

b Ancho de la cara en compresión del elemento (mm)

d Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción (mm)

$A_S$  Área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción ( $\text{mm}^2$ ).

A'S Área del refuerzo a compresión (mm<sup>2</sup>)

NOTA: Estos valores no pueden exceder el 50% de la cuantía en condición balanceada ( $\rho_b$ ).

$\rho_b$ : Cuantía de refuerzo  $A_s$  evaluada sobre el área  $b_d$  que produce condiciones balanceadas de deformación unitaria

Tanto el refuerzo superior como el inferior deben estar formados por un mínimo de dos varillas.

### 2.2.7. Refuerzo longitudinal mínimo en elementos sometidos a flexión

En toda sección de un elemento a flexión en que se requiera acero a tracción, el valor de  $A_{s,min}$  es tal como sigue: En toda sección de un elemento sometido a flexión cuando por análisis se requiera refuerzo de tracción, el  $A_s$  proporcionado no debe ser menor que el obtenido por medio de:

$$A_s \geq \max \left[ \frac{1.4}{f_y} b_w d ; A_{s,min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} b_w d \right]$$

Dónde:

$A_{s, min}$  Área mínima de refuerzo de flexión (mm<sup>2</sup>)

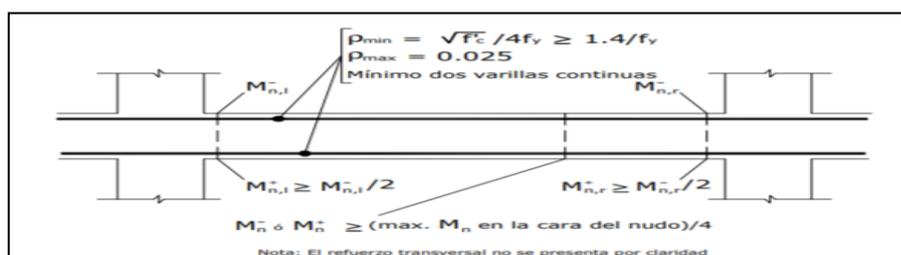
$b_w$  Ancho del alma o diámetro de la sección circular (mm)

$d$  Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción (mm)

$f_y$  Resistencia especificada a la fluencia del refuerzo (MPa)

$f'_c$  Resistencia especificada a la compresión del Hormigón (MPa)

Estos requisitos no son necesarios si el refuerzo colocado a lo largo del elemento en cada sección es al menos un tercio mayor al requerido por análisis.



**Grafico 5:** Requisitos del refuerzo longitudinal en elementos a flexión.

**Elaborado por:** Von Buchwald, C. (2019)

## **CAPITULO III**

### **3. Metodología de la Investigación.**

#### **3.1 Enfoque**

El enfoque de esta investigación es básicamente experimental, se estudiará el comportamiento de la viga como elemento estructural de hormigón en relación al uso de fibra de carbono y acero de refuerzo  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .

#### **3.2 Modalidad de la investigación**

En las canteras de la ciudad encontraremos los agregados, para la elaboración del hormigón, posterior a ello se procederá a realizar las probetas de hormigón, las varillas de fibra de carbono y de acero se las compra en las distribuidores de igual forma la investigación será realizada en el laboratorio por medio de ensayos a los agregados y al elemento estructural (que es la varilla de fibra de carbono) para determinar sus propiedades, comportamiento de la viga de hormigón armado y compararla con la viga de varilla de acero

Se desarrollará también la modalidad bibliográfica porque será relevante investigar y aplicar las especificaciones de los ensayos para las muestras que están establecidas en las normas INEN y código ASTM, además para conseguir los requisitos indicados en el código ACI para la elaboración de vigas de hormigón armado

#### **3.3 Normas aplicables**

Las publicaciones de referencia para la elaboración del diseño de hormigón se las considero en base a las Especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (MTOPE) y las Normas American Society for Testing and Materials (ASTM).

Los ensayos del agregado fino se los realizo en base a las normas INEN (Instituto ecuatoriano de Normalización).

### **3.4 Tipo de investigación.**

La investigación en este proyecto es experimental, estudiará el comportamiento de la viga como elemento estructural de hormigón en relación al uso de fibra de carbono y acero de refuerzo  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ . La integración de la varilla de fibra de carbono para la realización del hormigón armado en el área de la construcción, por medio de los ensayos a FLEXION como parte de la investigación.

### **3.5 Muestra.**

Los principales lugares donde podemos encontrar nuestra materia prima son distribuidoras de materiales y canteras, para la elaboración del hormigón armado, así como los sitios donde se puede conseguir la fibra de carbono, acero para nuestra investigación respectiva.

### **3.6 Entrevista.**

Se consultó a Ingenieros especializados en hormigón armado (calculista) para la elaboración de este tema

Las preguntas realizadas son

¿Consideraría usted utilizar la varilla de fibra de carbono en los cálculos estructurales?

¿Cree usted que se puede reemplazar la varilla de acero por la varilla de fibra de carbono para elemento estructurales?

¿Considera usted que la durabilidad de las estructuras mejorara con la utilización de la varilla de Fibra de carbono?

### **3.7 Técnica de la Investigación.**

Para la presente investigación realizamos los ensayos respectivos para el diseño de hormigón, los materiales serán proporcionados por el estudiante del proyecto de titulación de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte. Se programa los trabajos de laboratorio, en base a las NORMAS del MTOP, INEN y ASTM

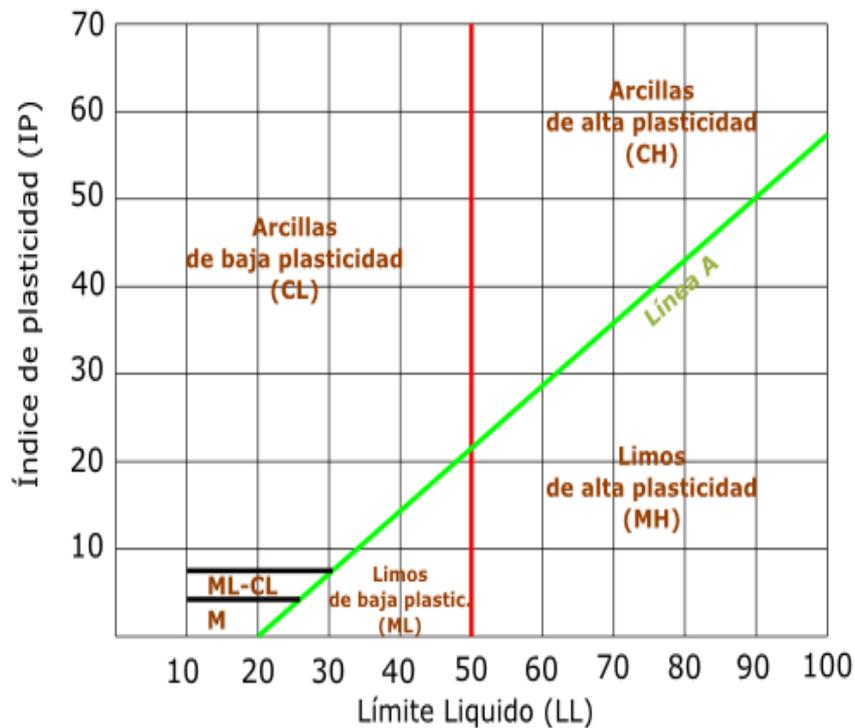


## Plasticidad (Límites Líquido y Plásticos)

Los límites de Atterberg, límites de plasticidad o límites de consistencia, se utiliza para conocer el comportamiento de los suelos finos, aunque su comportamiento varía a lo largo del tiempo, el nombre se debe al científico sueco Albert Mauritzterberg (1846-1916).(Wikipedia, 2016)

En nuestro caso son arenas y gravas para el ensayo del diseño su clasificación es no plástico N-P

## Gráfica de plasticidad del USCS



**Gráfico 6:** Grafica de Plasticidad

**Fuente:** Wikipedia 2016

### **Análisis Granulometría.**

Su finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo, así obtendremos su clasificación mediante el sistema como AASHTO o SUCS, y además este ensayo es muy importante para determinar o aceptar los materiales de suelo para base, sub-base para las carreteras.(ANALISIS GRANULOMETRICO), en este estudio utilizaremos el sistema SUCS (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELO).

En nuestro estudio el análisis granulométrico es para determinar que el material este dentro del parámetro para el diseño del hormigón.

### **Gravedad Específica y Absorción**

Una muestra de agregado es sumergida en agua por aproximadamente  $24 \pm 4$  horas para esencialmente llenar los poros. Después la muestra se retira del agua, se seca la superficie de las partículas y se determina su masa. Enseguida el volumen de la muestra se determina por el método de desplazamiento de agua. Finalmente, la muestra se seca en el horno y se determina su masa. Usando las masas obtenidas y las fórmulas de este método de prueba, es posible calcular la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y la absorción.

### **Peso Unitario del agregado**

El Peso Unitario o Peso Volumétrico Unitario del agregado grueso o fino, es el peso de la cantidad necesaria de agregado que llena un recipiente de volumen conocido. Es un volumen ocupado por el agregado y los vacíos entre sus partículas, agregado grueso o fino, es el peso de la cantidad necesaria de agregado que llena un recipiente de volumen conocido.

## Viguetas a flexión.

Se las elabora en moldes de 15 x 15 x 45 (mayor) cm, en dos capas del hormigón del diseño, aproximadamente son 54 golpes de varilla por cada capa el número de golpe depende del área del molde, se las desencofra a las 12 hora una vez ya esté totalmente fraguado el hormigón de ahí pasa a la cámara de curado, hasta su rotura a flexión solicitada.

<b>FORMULA PARA EL CALCULO DEL MODULO DE ROTURA PARA VIGUETAS</b>	
Caso A: la rotura se produce en el tercio medio	Caso A
$MR = \frac{PL}{bd^2}$	
Caso B: la rotura se produce en los tercios externos	Caso B
$MR = \frac{3Pa}{bd^2}$	
En que:	
MR = Módulo de rotura, en Mpa	
P = Carga, en N	
L = Distancia entre apoyos, en mm	
b = Altura de la viga, en mm	
d = Ancho de la viga, en mm	
a = Distancia más corta entre la fisura y el extremo del tercio donde se produjo la falla, en mm	

**Grafico 7:** Módulo de Rotura para Viguetas.

**Elaborado por:** Von Buchwald, C. (2019)

## CAPITULO IV

### 4. Análisis de Resultados y Propuesta

Se realizó el estudio de la viga como elemento estructural de hormigón en relación al uso de fibra de carbono y acero de refuerzo  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .

#### 4.1 Desarrollo Experimental

Para el desarrollo de este capítulo fue necesario realizar los ensayos granulométricos para el agregado grueso y fino; así como el diseño de hormigón utilizado para elaborar vigas con refuerzo estructural con varilla de fibra de carbono y varilla de acero, y así mismo analizar el comportamiento mecánico de la misma mediante ensayos a la flexión

##### 4.1.1 Cuadro de ensayos realizados

###### Ensayos realizados en los agregados

- |                                   |                     |
|-----------------------------------|---------------------|
| • Análisis granulométrico         | ASTM D-421 INEN 697 |
| • Gravedad Especifica y Absorción | ASTM C 128 INEN 858 |
| • Peso Unitario del agregado      | ASTM C-29           |

Los cuadros de ensayos realizados del siguiente informe son:

- cuadro de resumen de los ensayos realizados para el tema de tesis.
- cuadro de resumen de los cálculos obtenidos para las proporciones del diseño de hormigón.
- Conclusiones del diseño de hormigón.

#### **4.1.2 Normas Aplicadas**

Las publicaciones de referencia para la elaboración del diseño de hormigón se las consideró en base a las Especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (MTOPE) y las Normas American Society for Testing and Materials (ASTM).

La clasificación de los suelos se realiza en base al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y a la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Los ensayos del agregado fino se los realizó en base a las normas INEN (Instituto ecuatoriano de Normalización).

#### **4.1.3 Ensayos realizados para la obtención del diseño de hormigón**

Para realizar el diseño, los materiales fueron proporcionados por el estudiante de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte para su proyecto de Titulación de grado, Se programó los trabajos de laboratorio, en base a las NORMAS del MTOPE.

#### **4.1.4 Trabajos de Laboratorio**

A las muestras traídas se les realizó un programa de ensayos que comprendió:

- |                                   |                     |
|-----------------------------------|---------------------|
| ➤ Contenido natural de humedad    | ASTM D-2216         |
| ➤ Límites de Atterberg            | ASTM D-4318         |
| ➤ Análisis granulométrico         | ASTM D-421 INEN     |
| ➤ Gravedad Específica y Absorción | ASTM C 128 INEN 858 |
| ➤ Peso Unitario del agregado      | ASTM C-29           |

<b>Tabla 3:</b>			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE AGREGADO POR SECADO, GRUESO</b>			
<b>NORMA ASTM C 566</b>			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	Materiales DISENSA	Ensayado:	C.V.
tema tesis:	ESTUDIO DE LA VIGA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL DE HORMIGÓN EN RELACIÓN AL USO DE LA FIBRA DE CARBONO Y ACERO DE REFUERZO FY =4200 KG/CM <sup>2</sup>	Calculado:	C.V.
Fecha:	20-jul-18	Informe N°	
Tamaño máximo nominal:	19	mm	
Masa de la muestra original (ver tabla)	4.000,0	g	
Masa de la muestra seca	3.979,0	g	
<b>Contenido de humedad</b>	<b>0,5</b>	<b>%</b>	
Tamaño máximo nominal del agregado		Masa mínima	
(mm)	Tamiz No.	(kg)	
4,75	4	0,5	
9,5	3/8"	1,5	
12,5	1/2"	2	
19,0	3/4"	3	
25,0	1"	4	
37,5	1 1/2"	6	
50,0	2"	8	

*Elaborado por:* Von Buchwald, C. (2019)

<b>Tabla 4:</b>			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE AGREGADO POR SECADO, FINO</b>			
<b>NORMA ASTM C 566</b>			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	Materiales DISENSA	Ensayado:	C.V.
tema tesis:	ESTUDIO DE LA VIGA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL DE HORMIGÓN EN RELACIÓN AL USO DE LA FIBRA DE CARBONO Y ACERO DE REFUERZO FY =4200 KG/CM <sup>2</sup>	Calculado:	C.V.
Fecha:	20-jul-18	Informe N°	
Tamaño máximo nominal:	4,75	mm	
Masa de la muestra original (ver tabla)	1.000,0	g	
Masa de la muestra seca	964,0	g	
<b>Contenido de humedad</b>	<b>3,6</b>	<b>%</b>	
Tamaño máximo nominal del agregado		Masa mínima	
(mm)	Tamiz No.	(kg)	
4,75	4	0,5	
9,5	3/8"	1,5	
12,5	1/2"	2	
19,0	3/4"	3	
25,0	1"	4	
37,5	1 1/2"	6	
50,0	2"	8	

*Elaborado por:* Von Buchwald, C. (2019)

<b>Tabla 5:</b>				
<b>RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN DE AGREGADO GRUESO DE GRAN TAMAÑO POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE "LOS ANGELES"</b>				
NORMA ASTM C 535				
Muestra:	1		Solicitante:	
Origen:	Materiales DISENSA		Ensayado:	C.V.
tema tesis:	ESTUDIO DE LA VIGA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL DE HORMIGÓN EN RELACIÓN AL USO DE LA FIBRA DE CARBONO Y ACERO DE REFUERZO FY =4200 KG/CM2		Calculado:	C.V.
Fecha:	20-jul-18		Informe N°	
Tamaño máximo nominal:	19	mm		
Gradación 1, 2 ó 3 ver tabla			2	
Peso inicial de la muestra con tamaño mayor a 3/4" (19 mm)			10.025	g
Número de esferas				
Peso seco retenido en el tamiz No.12 después de 200 revoluciones			9.523	g
Peso seco retenido en el tamiz No.12 después de 1000 revoluciones			7.238	g
Relación entre la pérdida a las 200 revoluciones y la pérdida a las 1000 revoluciones, uniformidad de desgaste			0,18	
<b>Porcentaje de pérdida</b>			<b>28</b>	<b>%</b>
Tamiz No, mm (plg)		Gradación		
Pasante	Retenido	1	2	3
75 (3)	63 (21/2)	2.500 +/- 50	-	-
63 (21/2)	50 (2)	2.500 +/- 50	-	-
50 (2)	37.5 (11/2)	5.000 +/- 50	5.000 +/- 50	-
37.5 (11/2)	25 (1)	-	5.000 +/- 25	5.000 +/- 25
25 (1)	19 (3/4)	-	-	5.000 +/- 25
Total		10.000 +/- 100	10.000 +/- 75	10.000 +/- 50
Número de esferas		12	12	12
Peso de esferas (carga) g		5.000 +/- 25	5.000 +/- 25	5.000 +/- 25

*Elaborado por:* Von Buchwald, C. (2019)

RESISTENCIA DE AGREGADOS GRUESOS POR USO DE SULFATO DE SODIO Ó SULFATO DE MAGNESIO						
NORMA ASTM C 88						
Muestra:	1			Solicitante:		
Origen:	Materiales DISENSA			Ensayado:	C.V.	
tema tesis:	ESTUDIO DE LA VIGA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL DE HORMIGÓN EN RELACIÓN AL USO DE LA FIBRA DE CARBONO Y ACERO DE REFUERZO FY =4200 KG/CM2			Calculado:	C.V.	
Fecha:	20-jul-18			Informe N°		
<b>Descripción:</b>						
Fracción N°	Tamiz N°	Masa parcial Antes (g)	Masa total Antes (g)	% retenido parc. Original	% que pasa después	Pérdida Peso %
1	2 1/2" a 2"		0,0			0,0
	2" a 1 1/2"					
2	1 1/2" a 1"		513,0	45,0	8,0	3,6
	1" a 3/4"	513,0				
3	3/4" a 1/2"	675,0	1.008,0	23,0	9,6	2,2
	1/2" a 3/8"	333,0				
4	3/8" a No. 4	298,0	298,0	12,0	11,2	1,3
			Total:	80,0	Total:	7,2
<b>Tipo de solución:</b>	Sulfato de sodio				<b>Pérdida %:</b>	<b>7,2</b>
<b>Examen cualitativo:</b>						
Tipos de afectación: desintegración, partición, desmenuzamiento, fisuración, descascaramiento						

*Elaborado por:* Von Buchwald, C. (2019)



<b>Tabla 8:</b>			
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO</b>			
NORMA ASTM C 128			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	Materiales DISENSA	Ensayado:	C.V.
tema tesis:	ESTUDIO DE LA VIGA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL DE HORMIGÓN EN RELACIÓN AL USO DE LA FIBRA DE CARBONO Y ACERO DE REFUERZO FY =4200 KG/CM <sup>2</sup>	Calculado:	C.V.
Fecha:	20-jul-18	Informe N°	

<b>Datos:</b>		
A: Peso seco de la muestra en aire	62,0	g
B: Peso del picnómetro lleno con agua	155,1	g
S: Peso en estado sss de la muestra en aire (500+/-10 g)	63,2	g
C: Peso del picnómetro con muestra y agua hasta marca	194,6	g
<b>Densidad y absorción:</b>		
<b>G<sub>s</sub></b> : gravedad específica seca	<b>2.616</b>	kg/m <sup>3</sup>
<b>G<sub>sss</sub></b> : gravedad específica en sss	<b>2.667</b>	kg/m <sup>3</sup>
<b>G</b> : gravedad específica aparente	<b>2.756</b>	kg/m <sup>3</sup>
<b>P<sub>o</sub></b> : porcentaje de absorción de agua	<b>1,94</b>	%
Fórmulas:		
$G_s = A/(B+S-C)$ $G = A/(A+B-C)$		
$G_{sss} = S/(B+S-C)$ $P_o = (S-A)/A \times 100$		

*Elaborado por:* Von Buchwald, C. (2019)

<b>Tabla 9:</b>			
<b>PESO UNITARIO EN AGREGADO</b>			
NORMA ASTM C 29			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	Materiales DISENSA	Ensayado:	C.V.
tema tesis:	ESTUDIO DE LA VIGA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL DE HORMIGÓN EN RELACIÓN AL USO DE LA FIBRA DE CARBONO Y ACERO DE REFUERZO FY =4200 KG/CM2	Calculado:	C.V.
Fecha:	20-jul-18	Informe N°	
Descripción:	piedra		
V: volumen del recipiente, ver tabla	2.795	cm <sup>3</sup>	
T: masa del recipiente	1.867	g	
Msr: masa agregado suelto + recipiente	5.879	g	
Mcr: masa agregado compactado + recipiente	5.968	g	
Ms: masa agregado suelto Msr - T	4.012	g	
Mc: masa agregado compactado Mcr - T	4.101	g	
<b>Peso unitario suelto</b>	<b>1.435</b>	kg/m <sup>3</sup>	
<b>Peso unitario compactado</b>	<b>1.467</b>	kg/m <sup>3</sup>	
	Tamaño máximo nominal	Capacidad del recipiente	
	mm (plg)	pie <sup>3</sup> (lt)	
	< = a 12.5 (1/2)	1/10 (2.8)	
	25.0 (1)	1/3 (9.3)	
	37.5 (1 1/2)	1/2 (14.0)	
	75.0 (3)	1 (28.0)	

*Elaborado por:* Von Buchwald, C. (2019)

<b>Tabla 10:</b>			
<b>PESO UNITARIO EN AGREGADO</b>			
NORMA ASTM C 29			
Muestra:	1	Solicitante:	
Origen:	Materiales DISENSA	Ensayado:	C.V.
tema tesis:	ESTUDIO DE LA VIGA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL DE HORMIGÓN EN RELACIÓN AL USO DE LA FIBRA DE CARBONO Y ACERO DE REFUERZO FY =4200 KG/CM2	Calculado:	C.V.
Fecha:	20-jul-18	Informe N°	
Descripción:	arena fina		
V: volumen del recipiente, ver tabla	2.795	cm <sup>3</sup>	
T: masa del recipiente	1.867	g	
Msr: masa agregado suelto + recipiente	6.125	g	
Mcr: masa agregado compactado + recipiente	6.354	g	
Ms: masa agregado suelto Msr - T	4.258	g	
Mc: masa agregado compactado Mcr - T	4.487	g	
<b>Peso unitario suelto</b>	<b>1.523</b>	kg/m <sup>3</sup>	
<b>Peso unitario compactado</b>	<b>1.605</b>	kg/m <sup>3</sup>	
	Tamaño máximo nominal	Capacidad del recipiente	
	mm (plg)	pie <sup>3</sup> (lt)	
	< = a 12.5 (1/2)	1/10 (2.8)	
	25.0 (1)	1/3 (9.3)	
	37.5 (1 1/2)	1/2 (14.0)	
	75.0 (3)	1 (28.0)	

*Elaborado por:* Von Buchwald, C. (2019)

#### 4.1.5 Cálculo para el diseño de Hormigón

Para obtener los datos de este cálculo nos basamos en los valores recomendados en las normas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) en el capítulo 809 morteros, así como también del libro Tecnología del Concreto.

Presentamos cuadro de resumen de los cálculos obtenidos para la proporción del diseño requerido.

#### 4.1.6 Diseño de hormigón 210 Kg/cm 2

**Tabla 11:**

#### Diseño de hormigón 210 Kg/cm 2

DATOS PROPORCIONADOS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
TAMAÑO DEL AGREGADO MÁXIMO		3/4"
PESO VOLUMÉTRICO SUELTO G (Kg/m <sup>3</sup> )	1523	1435
PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO G (Kg/m <sup>3</sup> )		1467
DENSIDAD S S S (Kg/m <sup>3</sup> )	2667	2451
M.F.	2.56	
% ABSORCIÓN	1.94	5.25

#### DATOS TÉCNICOS REQUERIDOS

REVENIMIENTO SIN AIRE INCLUIDO	5 a 10 cm	Cantidad de aire(%)	2.0
RESISTENCIA ESPECÍFICA f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	210	Cantidad de agua(Its)	200
RESISTENCIA REQUERIDA f <sub>r</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	250	Cantidad de cemento(Kg)	400
coeficiente volumétrico de la piedra	0.66	Relación agua/cemento (A/C)	0.5
		Densidad cemento (Kr/m <sup>3</sup> )	2850

#### CÁLCULOS

VOLUMEN ABSOLUTO EN 1M3 DE HORMIGÓN		PESO EN KG PARA 1 M3 DE HORMIGON	
Agua	0.2	Agua	200.0
Cemento	0.140	Cemento	400
Aire	0.02	Piedra	968.22
Piedra	0.395	Arena	652.4
Volumen total	0.755	Masa total	2220.6
Arena	0.245		

PESO VOLUMÉTRICO DEL CONCRETO (usando agregado S.S.S. )		PESO EN KG PARA UN SACO DE CEMENTO	
Agua	200	Agua	20.5
Cemento	400.000	Cemento	41.0
Piedra	1019.05	Piedra	99.2
Arena	665.05	Arena	66.9
Masa total	2284.11		

VOLUMEN RELATIVO PARA UN SACO DE CEMENTO		DETERMINACIÓN DE CAJONERAS (0,40 X 0,40 X 0,20) VOL. 0,032 M3	
Piedra	0.0691	Piedra	2.2
Arena	0.0439	Arena	1.4

*Elaborado por:* Von Buchwald, C. (2019)

#### **4.1.7 Ensayo a la Flexión del Hormigón.**

Para continuar con el ensayo a flexión se concluyó a base de los diferentes diseños de hormigón realizados, se finiquitó la utilización de un hormigón de 210 kg/cm<sup>2</sup> para la elaboración de las vigas.

Para este ensayo, se fabricó vigas con dimensiones de 15 cm de ancho, 15 cm de altura y 55 cm de longitud.

Las dosificaciones, los moldes y las pruebas fueron realizadas en el laboratorio de hormigón.

La preparación para el ensayo fue la siguiente:

- Se preparan los moldes de las vigas engrasando sus superficies internas para facilitar el desencofrado de la mezcla.

- Se coloca la mezcla dentro del molde en 2 capas, en viguetas de 15x15x55 y en cada capa debe ser compactada con 54 golpes de varilla de punta redondeada (varilla Ø 16 mm lisa y de longitud 0.60 cm).

- Después de 12 horas que es para el fraguado del hormigón se desencofran las vigas con mucho cuidado para no ocasionar algún daño en las mismas.

- Para su identificación posterior se marcará las vigas con alguna simbología o código para su respectivo curado y posteriormente la rotura en su fecha requerida.

## 4.2 RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION

Tabla 12:

Resistencia a flexión.

ESTRUCTURA	FECHA	FECHA	SECTOR	EDAD	DIMENSIONES (mm)			CARGA	MOD. RUPTURA
	TOMA	ROTURA	FISURA	(días)	b	d	L	Kn	MPa
VIGUETA CON FIBRA DE CARBONO	3/1/2019	10/1/2019	Centro	7	150	150	450	53.80	7.17
					150	150	450	51.23	6.83
					150	150	450	50.23	6.70
	31/1/2019	Centro	28	150	150	450	79.94	10.66	
				150	150	450	81.90	10.92	
				150	150	450	82.20	10.96	
VIGUETA CON ACERO	3/1/2019	10/1/2019	Centro	7	150	150	450	63.43	8.46
					150	150	450	61.78	8.24
					150	150	450	62.41	8.32
	31/1/2019	Centro	28	150	150	450	92.50	12.33	
				150	150	450	93.27	12.44	
				150	150	450	94.33	12.58	
VIGUETA SOLO HORMIGON	3/1/2019	10/1/2019	Centro	7	150	150	450	22.70	3.03
					150	150	450	22.43	2.99
					150	150	450	20.66	2.75
	31/1/2019	Centro	28	150	150	450	36.18	4.82	
				150	150	450	36.94	4.93	
				150	150	450	37.98	5.06	

Elaborado por: Von Buchwald, C. (2019)

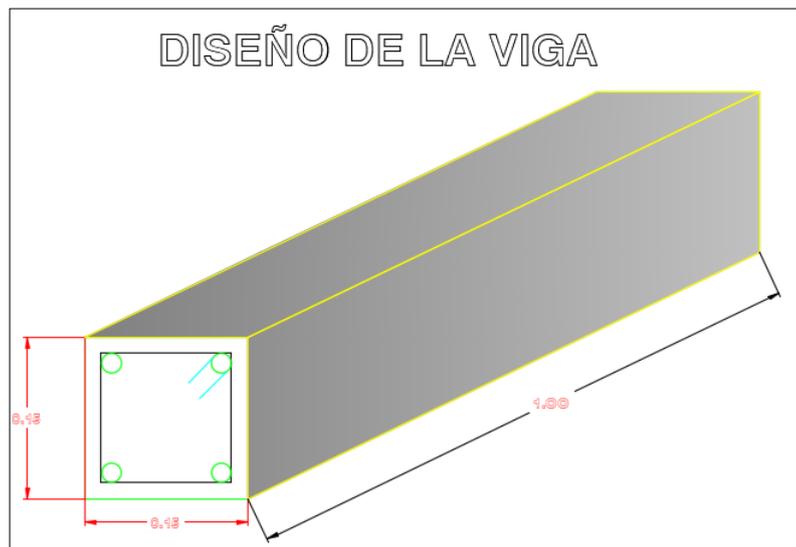


Gráfico 8: Diseño de la Viga.

Elaborado por: Von Buchwald, C. (2019)

### 4.3 CALCULO- ANALISIS DE PRECIOS UNITARIO (APU)

Tabla 13:

#### UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE

##### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

"ESTUDIO DE LA VIGA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL DE HORMIGON EN  
RELACION AL USO DE LA FIBRA DE CARBONO Y ACERO DE REFUERZO  
FY=4200KG/CM2"

PROYECTO:

FECHA:

UNIDAD: m2

RUBRO: Encofrado de madera

RENDIMIENTO: 0,13

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta menor 5% M/O					0,16
Sierra circular	1,00	2,00	2,00	0,13	0,26
SUBTOTAL (M)					0,42
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro Categoría C1	1,00	3,93	3,93	0,13	0,51
Carpintero Categoría D2	2,00	3,55	7,10	0,13	0,92
Peon Categoría E2	4,00	3,51	14,04	0,13	1,83
SUBTOTAL (N)					3,26
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
Madera	UNIDAD	1,25	5,00	6,25	
Cuarton	UNIDAD	0,50	3,00	1,50	
Clavo	kg	0,05	1,20	0,06	
SUBTOTAL (O)					7,81
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL (P)					
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					11,49
INDIRECTOS Y UTILIDADES:					1,72
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					13,21

Elaborado por: Von Buchwald, C. (2019)

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE						
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO:	"ESTUDIO DE LA VIGA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL DE HORMIGON EN RELACION AL USO DE LA FIBRA DE CARBONO Y ACERO DE REFUERZO FY=4200KG/CM2"					
FECHA:					UNIDAD:	m3
RUBRO:	Hormigon simple				RENDIMIENTO:	0,31
<b>EQUIPOS</b>						
	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	Herramienta menor 5% M/O					0,61
	Concreteira	1,00	3,50	3,50	0,31	1,09
	vibrador	1,00	2,50	2,50	0,31	0,78
	<b>SUBTOTAL (M)</b>					<b>2,47</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						
	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	Maestro Categoria C1	1,00	3,93	3,93	0,31	1,22
	Albanil Categoria D2	2,00	3,55	7,10	0,31	2,20
	Peon Categoria E2	8,00	3,51	28,08	0,31	8,70
	<b>SUBTOTAL (N)</b>					<b>12,12</b>
<b>MATERIALES</b>						
	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
	Cemento	m3	8,00	7,80	62,40	
	Piedra	m3	1,30	12,00	15,60	
	Arena	m3	0,54	10,00	5,40	
	Agua	m3	0,02	5,00	0,10	
	<b>SUBTOTAL ( O)</b>					<b>83,50</b>
<b>TRANSPORTE</b>						
	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
	<b>SUBTOTAL (P)</b>					
	<b>COSTO DIRECTO (M+N+O)</b>					<b>98,09</b>
	<b>INDIRECTOS Y UTILIDAD</b>					<b>14,71</b>
	<b>COSTO TOTAL DEL RUBRO</b>					<b>112,80</b>

Elaborado por: Von Buchwald, C. (2019)

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE						
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO:	"ESTUDIO DE LA VIGA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL DE HORMIGON EN RELACION AL USO DE LA FIBRA DE CARBONO Y ACERO DE REFUERZO FY=4200KG/CM2"					
FECHA:					UNIDAD:	kg
RUBRO:	Acero de refuerzo			RENDIMIENTO:	0,03	
<b>EQUIPOS</b>						
	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	ENDIMIENT	COSTO
	Herramienta menor 5% M/O					0,01
	Cortadora	1,00	2,00	2,00	0,03	0,06
	SUBTOTAL (M)					0,07
<b>MANO DE OBRA</b>						
	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	Maestro Categoria C1	0,10	3,93	0,39	0,03	0,01
	Ferrero categoria D2	1,00	3,55	3,55	0,03	0,11
	Peon Categoria E2	1,00	3,18	3,18	0,03	0,10
	SUBTOTAL (N)					0,21
<b>MATERIALES</b>						
	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO		COSTO
	Acero de refuerzo	kg	1,15	1,90		2,19
	alambre de amarre	kg	0,05	1,15		0,06
	SUBTOTAL ( O)					2,24
<b>TRANSPORTE</b>						
	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA		COSTO
	SUBTOTAL (P)					
			COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			2,53
			INDIRECTOS Y UTILIDADES:			0,38
			COSTO TOTAL DEL RUBRO:			2,91

Elaborado por: Von Buchwald, C. (2019)



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE						
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO:	"ESTUDIO DE LA VIGA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL DE HORMIGON EN RELACION AL USO DE LA FIBRA DE CARBONO Y ACERO DE REFUERZO FY=4200KG/CM2"					
FECHA:					UNIDAD:	mI
RUBRO:	viga hormigon armado acero			RENDIMIENTO:	0,13	
<b>EQUIPOS</b>						
DESCRIPCION		CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	ENDIMIEN	COSTO
Herramienta menor 5% M/O						0,26
Cortadora		1,00	2,00	2,00	0,13	0,26
concretera		1,00	3,15	3,15	0,13	0,41
vibrador		1,00	1,70	1,70	0,13	0,22
sierra		1,00	1,70	1,70	0,13	0,22
SUBTOTAL (M)						1,15
<b>MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCION		CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro Categoria C1		0,10	3,93	0,39	0,13	0,05
Fierro categoria D2		1,00	3,55	3,55	0,13	0,46
Peon Categoria E2		9,00	3,18	28,62	0,13	3,72
Albañil		1,00	3,55	3,55	0,13	0,46
Carpintero		1,00	3,55	3,55	0,13	0,46
SUBTOTAL (N)						5,16
<b>MATERIALES</b>						
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
Acero de refuerzo		kg	1,15	1,90	2,19	
alambre de amarre		kg	0,05	1,15	0,06	
encofrado		m2	0,30	13,21	3,96	
hormigon		m3	0,02	112,00	2,52	
SUBTOTAL (O)						8,73
<b>TRANSPORTE</b>						
DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL (P)						
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					15,03	
INDIRECTOS Y UTILIDADES:					2,25	
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					17,28	

Elaborado por: Von Buchwald, C. (2019)

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE						
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO:	"ESTUDIO DE LA VIGA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL DE HORMIGON EN RELACION AL USO DE LA FIBRA DE CARBONO Y ACERO DE REFUERZO FY=4200KG/CM2"					
FECHA:					UNIDAD:	ml
Rubro	viga hormigon armado carbono			RENDIMIENTO:	0,13	
<b>EQUIPOS</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramienta menor 5% M/O					0,26	
Cortadora	1,00	2,00	2,00	0,13	0,26	
concretera	1,00	3,15	3,15	0,13	0,41	
vibrador	1,00	1,70	1,70	0,13	0,22	
sierra	1,00	1,70	1,70	0,13	0,22	
<b>SUBTOTAL (M)</b>						1,15
<b>MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Maestro Categoria C1	0,10	3,93	0,39	0,13	0,05	
Fierrero categoria D2	1,00	3,55	3,55	0,13	0,46	
Peon Categoria E2	9,00	3,18	28,62	0,13	3,72	
Albañil	1,00	3,55	3,55	0,13	0,46	
Carpintero	1,00	3,55	3,55	0,13	0,46	
<b>SUBTOTAL (N)</b>						5,16
<b>MATERIALES</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO		
Acero de refuerzo	kg	1,15	2,30	2,65		
alambre de amarre	kg	0,05	1,15	0,06		
encofrado	m2	0,30	13,21	3,96		
hormigon	m3	0,02	112,00	2,52		
<b>SUBTOTAL (O)</b>						9,19
<b>TRANSPORTE</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO		
<b>SUBTOTAL (P)</b>						
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					15,49	
INDIRECTOS Y UTILIDADES:					2,32	
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					17,81	

Elaborado por: Von Buchwald, C. (2019)

**Tabla 19:**

"ESTUDIO DE LA VIGA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL DE HORMIGON EN RELACION AL USO DE LA FIBRA DE CARBONO Y ACERO DE REFUERZO FY=4200KG/CM2"

Cuadro costo beneficio

Descripcion	PU	Observaciones
varilla de acero	2,91	
varilla fibra de carbono	3,43	
viga acero ml	17,28	
viga carbono ml	17,81	

*Elaborado por:* Von Buchwald, C. (2019)

#### 4.4 Conclusiones

El objetivo es obtener datos de comparación entre vigas de hormigón armado con varillas de acero y hormigón armado con varillas de fibra de carbono.

Durante esta investigación se concluye que el diseño de hormigón utilizando la barra de fibra de carbono como elemento estructural, para ser utilizado como viga en edificaciones, sí cumple con las especificaciones respectivas. Es recomendable su utilización pues está dentro de los parámetros que da las normas establecidas en la edificación.

La resistencia recomendable a utilizar es mínima de  $f'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup>. Nuestro análisis de dureza para este diseño, utilizando la varilla de fibra de carbono cumple con esta solidez, a los 28 días resultados que se lo adjunta. Adicionalmente, se realizó ensayos a flexión para ver su comportamiento con este elemento estructural, dando resultados muy satisfactorios.

Se analizó por medio de los ensayos la resistencia de la viga a flexión utilizando la varilla de fibra de carbono como elemento estructural dando un resultado a la resistencia de 10,96 MPa, resultado óptimo para nuestro propósito en su utilización.

Se revisó por medio de los ensayos la resistencia de la viga a flexión utilizando la varilla de acero como elemento estructural dando un resultado a la resistencia de 12,58 MPa, resultado que será comparado con el de la viga utilizando varilla de fibra de acero.

Al comparar los dos resultados de los ensayos de flexión, utilizando las dos varillas, se puede determinar que la varilla de fibra de carbono sí funciona para su utilización como elemento estructural en vigas, considerando que la diferencia entre las resistencias es mínima.

Se compara el uso práctico en obra, la vida útil la durabilidad del hormigón armado utilizando la varilla de acero se ve afectada por la corrosión, oxido de la varilla debido a los impactos ambientales, fisicoquímicos, al utilizar la varilla de fibra de carbono al no tener los problemas de corrosión se alargaría la vida útil al

mismo tiempo se presenta un hormigón de baja densidad dando como resultado menor reducción de volumen y aligerando las cargas del mismo, al analizar los precios del hormigón armado con varilla de acero y fibra de carbono ,la fibra de carbono es un poco más costosos si consideramos los beneficios de la fibra de carbono la vida util,durabilidad del hormigón armado son mayores

#### **4.5 Recomendaciones**

Se recomienda el uso de la varilla en la viga como elemento estructural, considerando todos los ensayos realizados para su aprobación y aceptación.

El uso de la varilla de carbono en la elaboración de hormigón armado como elemento estructural, mostró ser un elemento apropiado. De acuerdo a sus características físicas y mecánicas se comprobó que el hormigón armado elaborado a partir de la varilla de carbono cumple con las especificaciones técnicas y parámetros en el área de la construcción, siendo este un elemento ideal porque mejora las propiedades del hormigón armado, su durabilidad y resistencia, además de los beneficios en rendimiento.

## Bibliografía

- ACI318S-14. (2015). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural ( Versión en español y en sistema métrico.SI)*. Recuperado el 25 de abril de 2018
- Baca. (2005). Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/5562630/>
- Giuncu. (2000). *Framed structures. Ductility and seismic response. General Report.*
- McCormac, M., & Brown. (15 de enero de 2011). *diseño de estructura de acero* (quinta ed.). alfaomega. Recuperado el 14 de marzo de 2018, de <https://issuu.com/gustavochochongalcivar/docs/disenio-de-concreto-reforzado-8a-ed->
- Miravete. (2001). *Hacia la fibra de carbono en la construcción*. España: Universidad de zaragoza. Recuperado el 5 de mayo de 2018
- NEC-SE-HM, 2015. (22 de marzo de 2015). TECNOLOGIA DEL CONCRETRO. En C. P. Tamayo. Recuperado el 20 de abril de 2018, de <https://slideplayer.es/slide/3933541/>
- Ottazzi, G. (2004). Material de apoyo para la enseñanza de los cursos de Diseño y comportamiento del Concreto Armado. En *Material de apoyo para la enseñanza de los cursos de Diseño y comportamiento del Concreto Armado*. Lima. Recuperado el 26 de abril de 2018
- Patricio, P. T. (2017). *COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE ESTRUCTURAS*. Guayaquil.
- Society, A. C. (2017). . High Performance Carbon Fibers. Cambridge. Recuperado el 25 de abril de 2018

## **ANEXOS 1**

### **Fotos de la elaboración de las vigas y rotura a flexión**



