



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS TEÓRICO EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO A  
FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO MEDIANTE  
TRASLAPES INEFICIENTES DE FORMA ESCALONADA

VALENCIA GUANGA JEAN CARLOS MANUEL  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2023



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS TEÓRICO EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO  
A FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO MEDIANTE  
TRASLAPES INEFICIENTES DE FORMA ESCALONADA

VALENCIA GUANGA JEAN CARLOS MANUEL  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2023



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

ANÁLISIS TEÓRICO EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE  
VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO MEDIANTE TRASLAPES INEFICIENTES DE  
FORMA ESCALONADA

VALENCIA GUANGA JEAN CARLOS MANUEL  
INGENIERO CIVIL

ZARATE ENCALADA JOSE MARCELO

MACHALA, 01 DE MARZO DE 2023

MACHALA  
01 de marzo de 2023

# ENTREGA1

*por* Jean Valencia

---

**Fecha de entrega:** 23-feb-2023 10:10a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2021263528

**Nombre del archivo:** VALENCIA-EXAMEN\_COMPLEXIVO\_-\_JEAN\_CARLOS\_VALENCIA.pdf (208.14K)

**Total de palabras:** 2973

**Total de caracteres:** 13775

# ENTREGA1

## INFORME DE ORIGINALIDAD

2%

INDICE DE SIMILITUD

2%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[web.fonade.gov.co](http://web.fonade.gov.co)

Fuente de Internet

1%

2

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

1%

3

[www.laruhstorf.de](http://www.laruhstorf.de)

Fuente de Internet

<1%

4

[es.scribd.com](http://es.scribd.com)

Fuente de Internet

<1%

5

[doku.pub](http://doku.pub)

Fuente de Internet

<1%

6

[www.prensahispanaaz.com](http://www.prensahispanaaz.com)

Fuente de Internet

<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, VALENCIA GUANGA JEAN CARLOS MANUEL, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado <b>ANÁLISIS TEÓRICO EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO MEDIANTE TRASLAPES INEFICIENTES DE FORMA ESCALONADA</b>, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

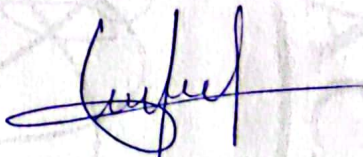
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 01 de marzo de 2023



VALENCIA GUANGA JEAN CARLOS MANUEL  
0705629814



## RESUMEN

El propósito de este trabajo consiste en desarrollar un análisis teórico - experimental mediante normativa y pruebas de laboratorio donde se estudia el comportamiento de las vigas de hormigón armado con traslapes realizados de forma escalonada, empezando de una viga base con geometría tipo predeterminada, que es llevada a un ensayo con una forma simplemente apoyada puesta a una carga puntual en el centro de la viga que determina su deformación.

Tiene como objetivo comparar los esfuerzos a flexión por traslape donde se realizaron 3 tipos de vigas, una viga se la realizó sin traslape y la otras dos tienen una configuración de traslape de 0.13 m y 0.08 m, con las siguientes dimensiones de la viga son 0,75 m de longitud, 0.145 m de altura y 0.07 m de ancho, donde el elemento se lo diseño para que el esfuerzo a flexión afecte al acero.

Mediante los ensayos realizados en laboratorio nos han permitido comprobar que la resistencia de las vigas ensayadas es mayor que la propuesta por modelos analíticos. Se ha constatado que la resistencia hasta llegar al punto de fisuración propuesta analíticamente es inferior a la obtenida experimentalmente.

**Palabras clave:** Hormigón Armado, Traslape, Trabajo Experimental.

## **ABSTRACT**

The purpose of this work is to develop a theoretical-experimental analysis through normative and laboratory tests where the behavior of reinforced concrete beams with staggered overlaps is studied, starting from a base beam with predetermined type geometry, which is tested with a simply supported shape placed at a point load in the center of the beam that determines its deformation.

The work is to compare the bending stresses by overlapping where 3 types of beams were made, one beam was made without overlapping and the other two have an overlapping configuration of 0.13 m and 0.08 m, with the following dimensions of the beam are 0.75 m long, 0.145 m high and 0.07 m wide, where the element was designed so that the bending stress affects the steel.

Laboratory tests have allowed us to verify that the strength of the tested beams is higher than that proposed by analytical models. It has been found that the resistance up to the cracking point proposed analytically is lower than the one obtained experimentally.

**Keywords: Reinforced concrete, Overlap, Experimental Work.**



## ÍNDICE

RESUMEN .....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE.....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	4
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	4
ÍNDICE DE ANEXOS.....	4
I. INTRODUCCIÓN.....	5
II. MATERIALES Y MÉTODOS .....	6
1. Ensayo Experimental. ....	6
2. Modelos y propiedades mecánicas de los materiales. ....	7
2.1. Hormigón.....	7
2.2.1. Resistencia a tracción .....	7
2.3. Cargas .....	8
2.4. Adherencia .....	8
2.5. Viga .....	8
2.6. Traslape .....	9
3. Diseño y fabricación de viga de ensayo .....	11
3.1. Diseño de la viga .....	11
3.2. Traslape de la viga .....	11
3.3. Construcción del encofrado .....	12
3.4. Hormigonado de las vigas. ....	12
3.5. Desencofrado .....	12
4. Descripción del procedimiento para la construcción de las vigas a ensayar	
13	
III. RESULTADOS .....	19
IV. CONCLUSIONES.....	24
V. RECOMENDACIONES .....	25
VI. BIBLIOGRAFÍA .....	26
VII. ANEXOS.....	27

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Longitud de empalme por traslape .....	9
Tabla 2: Nomenclatura.....	10
Tabla 3: Datos de las vigas.....	13
Tabla 4: Datos de la viga .....	13
Tabla 5: resistencia de las vigas .....	19

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Varillas traslapadas.....	9
Ilustración 2: Sección de la viga.....	11
Ilustración 3: Dimensiones de la viga.....	14
Ilustración 4: Armadura de la viga 1 .....	18
Ilustración 5: Armadura de la viga 2.....	18
Ilustración 6: Armadura de la viga 3.....	18
Ilustración 7: Esquema de la viga. ....	19
Ilustración 8: Viga 1 tras rotura. ....	20
Ilustración 9: Grafica (Fuerza - Desplazamiento) Viga 1. ....	20
Ilustración 10: Viga 2 tras fisura. ....	21
Ilustración 11: Viga 2 tras rotura. ....	21
Ilustración 12: Grafica (Fuerza - Desplazamiento) Viga 2. ....	22
Ilustración 13: Viga 3 tras fisura. ....	22
Ilustración 14: Viga tras rotura. ....	23
Ilustración 15: Grafica (Fuerza - Desplazamiento) Viga 3. ....	23

## ÍNDICE DE ANEXOS

1: ANEXO A.....	27
2: ANEXO B.....	28
3: ANEXO C.....	29
4: ANEXO D.....	31

## I. INTRODUCCIÓN

Para la presente elaboración del análisis se enfatizó conceptos analíticos, teóricos y experimentales para comprender mejor los fenómenos puestos en práctica, con el cumplimiento de la normativa y estudios realizados sobre el tema.

Se determinaron las propiedades físicas de cada componente que integran los elementos estructurales del estudio, emulando la norma ecuatoriana de la construcción, mediante fórmulas donde se obtuvo el diseño adecuado para realizar las vigas de traslape escalonado con una configuración simplemente apoyada.

Luego se realiza el diseño de la fabricación de moldes de madera y mezcla del hormigón armado donde se estableció dosificaciones apropiadas, procedimientos y propiedades necesarios para su correcta elaboración que se basa en lograr la resistencia del traslape en las vigas a ensayar.

Los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a cada elemento estructural se los realizara de manera secuencial, para luego obtener resultados precisos en el laboratorio de la Universidad Técnica de Machala.

Por último, con esta investigación se logró comprobar que el traslape de manera escalonada debe estar dirigido hacia la norma ya que al no cumplir es alta la probabilidad de que falle.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo cuenta con datos obtenidos del ensayo de vigas de hormigón de sección rectangular, con una configuración simplemente apoyada y puesta a una carga puntual al centro de la viga, el ensayo fue realizado en el marco de estudio de la “Universidad Técnica de Machala”. A partir de los resultados experimentales se determinará el comportamiento de la viga propuesta para el estudio mediante el cálculo de traslapes, esto se puede lograr a partir del análisis de las deformaciones obtenidas a través de las fisuras, también se verifica el acero en los traslapes. Por su parte, y finalmente se fijan aproximaciones basadas en la teoría clásica de la flexión del hormigón, mediante el análisis de su sección transversal de la viga.

### 1. Ensayo Experimental.

Para estudiar las propiedades de los materiales que componen los elementos estructurales, en especial las vigas de hormigón armado, se diseñó y construyó emulando los criterios mínimos de diseño requeridos por la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 también con requisitos indicados por el American Concrete Institute, por lo cual se definió las dimensiones de la sección transversal en servicio de la luz libre y la carga a la que será sometida, siguiendo las sugerencias establecidas en la hipótesis de diseño del hormigón armado.

Por lo cual se adoptaron dimensiones de 70 mm de base, 145 mm de altura, 750 mm de longitud total, siendo la ubicación de los apoyos a 25 mm desde la cara externa del elemento, dejando así 700 mm de luz libre.

El armado de la viga está conformado por varillas de acero corrugadas con un esfuerzo a fluencia de  $f_y = 420$  MPa, en diferentes casos el valor límite de fluencia del acero grado de 60 puede variar o referirse a las condiciones que se adapten a valores con los que se va a trabajar, siempre y cuando el esfuerzo que puede tolerar el acero no se deforme y tolere el acero [1].

Donde el acero total requerido es de 25.45 mm<sup>2</sup>, por lo que una varilla No. 6, tiene un área 28.3 mm<sup>2</sup>, siendo este el refuerzo utilizado, las mismas que tendrán una longitud de 850 mm con su respectiva longitud de anclaje.

Anterior al encofrado y fundición del elemento se procedió a la ubicación de los respectivos traslapes a un tercio de la luz libre, distribuidos en cada barra de las diferentes vigas.

## **2. Modelos y propiedades mecánicas de los materiales.**

### **2.1. Hormigón.**

El hormigón armado es una mezcla de grava, arena, agua y cemento, combinado con una estructura de acero, que permitió el desarrollo de varios elementos estructurales. De esa manera cumplen con todos los requisitos para lo cual fueron diseñados.

Se define el concepto de hormigón armado, como el confinamiento que se adapte a segmentos de compresión para facilitar su capacidad de carga, o casos de actualización en sismos además de agregar su docilidad. [2].

### **2.2. Flexión del hormigón armado.**

En la actualidad los problemas se facilitan por medio de metodologías que se basan inicialmente en la determinación de capacidad frente al agotamiento, por lo cual se ordena un límite superior que afianza la seguridad del diseño [3].

Cuando se habla del hormigón a flexión, se debe recordar que este agregado tiene alta resistencia a la compresión y bajas propiedades a la tracción, es inevitable el uso del acero de refuerzo longitudinal para poder absorber los esfuerzos a tracción y así aumentar la cabida de flexión en la estructura.

Para el diseño de las vigas empleadas en el presente ensayo se utilizó el Código de Construcción ACI 318-14, cuyos parámetros de diseño se detallan en lo siguiente:

- Las deformaciones unitarias del acero de refuerzo y del hormigón se debe deducir específicamente proporcionado al eje neutro de su sección.
- El concreto llega a su punto de deformación máxima unitaria desde la fibra extrema a compresión por el cual se considera el valor 0.003 [4].

#### **2.2.1. Resistencia a tracción**

Una de las resistencias más bajas es a tracción, por lo que su valor se toma como cero en los cálculos de diseño. Una barra con resistencia a tracción y rigidez, puede verse afectada por varios divisores uno de ellos es la barra que son el principal componente que tolera la carga inicial, por ello es importante que se entienda la relación entre ellas [5].

Este valor no se obtiene directamente, sino mediante ensayos de flexión, que determinan el módulo de rotura, así como la resistencia a tracción al 10% de la resistencia a compresión.

### **2.3. Cargas**

Las cargas son un sin número de fuerzas que ejercen sobre una estructura, en otras palabras, la estructura está diseñada y construida para soportar todas las actividades más allá de su vida útil y funciones.

Se clasifican en función a su área y se clasifican: (Cargas puntuales, lineales y superficiales) y en función a su permanencia (Carga viva, carga muerta, carga accidental y otras).

Para lograr proyectar una estructura de manera que esta evidencie los niveles desempeñados, para ello es posible que se realice un detallado estudio de debilidad sísmica de la estructura a realizar basándose en el código para dicha estructura a diseñar [6].

### **2.4. Adherencia**

El concreto estructural está diseñado para soportar esfuerzos a tracción que son transmitidos por adherencia que producen micro - fisura en las vigas, éstas a su vez controlan la fisuración y reducen la intensidad, a la vez que mejoran la tenacidad [7].

### **2.5. Viga**

La viga es un elemento diseñado para afrontar modificaciones a mejoras a lo largo de su vida útil, aplicando la normativa de diseño actual, al deterioro causado por la corrosión en el acero expuesto al ambiente arremetedor a accidentes como sismos [8].

Hoy en día las estructuras con progreso a marcos de concreto se han actualizado de manera que existen procesos de diseño que se ajustan respectivamente al varillado de elementos, de esta forma el diseño tiene un mayor ajuste para la elaboración de futuros planos de construcción [9].

## 2.6. Traslape

En un traslape es importante y necesario conocer la longitud de dicho empalme que mejora la fuerza de tracción entre sí, asegurando los elementos de capacidad ultima se pueda adquirir, otro aspecto es la ubicación del traslape, por consiguiente, los aros de refuerzo transversal son de suma importancia para que el confinamiento y la capacidad en cortante se ven comprometidas [10].

El traslape se clasifica en 2 clases como: clase A y B, por lo cual su longitud de traslape es un valor obtenido según el tipo de clase que será multiplicado por la longitud de desarrollo.

Tabla 1: Longitud del traslape.

As colocado/ As, requerido	Porcentaje máximo de As	Tipo de traslape	$l_{st}$	
$\geq 2$	50	Clase A	>	1.0 $l_d$ y 300 mm
	100	Clase B	>	1.3 $l_d$ y 300 mm
$< 2$	Todos los casos	Clase B		

En el traslape transmite los esfuerzos las barras de acero a través del hormigón que lo rodea. Donde, además, a veces es necesario las barras de acero transversales y en condiciones específicas, estribos de confinamiento.

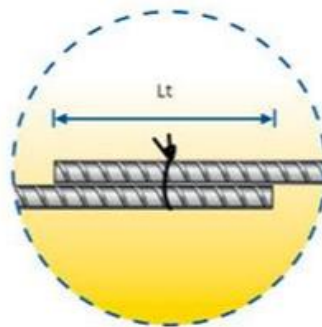


Ilustración 1: Varillas traslapadas.



## 2.7. Nomenclatura

Tabla 2: Nomenclatura.

Simbología	Definición
$a =$	Profundidad del bloque equivalente de compresiones (mm).
$A_s =$	Área del acero (mm <sup>2</sup> ).
$b =$	Ancho de la cara en compresión del elemento (mm).
$\beta_1 =$	Factor que relaciona la profundidad de bloque rectangular equivalente de esfuerzos de compresión con la profundidad del eje neutro
$c =$	Distancia medida desde la fibra extrema en compresión al eje neutro (mm).
$C =$	Compresión (MPa).
$d =$	Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción (mm).
$E_s =$	Módulo de elasticidad del acero (MPa).
$f_y =$	Resistencia a la fluencia de refuerzo (MPa).
$f'_c =$	Resistencia a la compresión del hormigón (MPa).
$h =$	Espesor total o altura de un elemento (mm).
$L =$	Longitud, medida desde la cara del nudo a lo largo del eje del elemento estructural, dentro de la cual debe colocarse refuerzo transversal especial (mm)
$l_d =$	Longitud de desarrollo (mm).
$M_n =$	Resistencia nominal a flexión en la sección (N.mm)
$M_u =$	Momento mayorado en la sección, (N.mm)
$T =$	Tracción (MPa).
$\rho =$	Cuantía del refuerzo $A_s$ evaluada sobre el área $bd$
$V =$	Resistencia en cortante (N).
$V_u =$	Fuerza cortante mayorada (N).
$V_c =$	Fuerza de corte nominal (N).

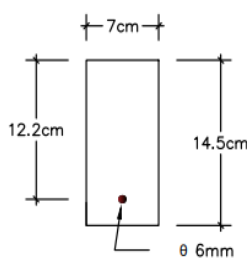
### 3. Diseño y fabricación de viga de ensayo

Se comienza a describir el desarrollo de fabricación de las probetas, en el cual se empezó una vez definido el diseño de la viga. Para el diseño y fabricación de las vigas que después serán ensayadas se identificaron y llevaron a cabo siguientes pasos:

- Diseño de la viga.
- Construcción del encofrado.
- Elaboración del traslape.
- Hormigonado de las vigas.
- Desencofrado.

#### 3.1. Diseño de la viga

Los datos obtenidos para el diseño de la viga de ensayo en este caso, fueron relacionados a los límites de la máquina de ensayo de materiales. En el caso de la longitud se consideró 75 cm, ya que la maquina no permitía sobrepasar el límite. En cuanto a la sección se consideró para que falle a una carga propuesta y se consideró la sección de 7x14.5 cm. Con distinto tipo de traslape la primera viga no contiene traslape la segunda con un traslape de 13 cm a un tercio de la viga y la tercera con un traslape de 8 cm a un tercio de la viga.



*Ilustración 2: Sección de la viga.*

#### 3.2. Traslape de la viga

Para la fabricación de las armaduras se utilizó acero de construcción de 6mm corrugado. La distribución de la armadura y forma del traslape se mostrará según el tipo de traslape se verificó en el diseño.

En las vigas de este caso se desarrolló tres armaduras que se diferenciaban sólo en el traslape involucrado, en la primera no se utilizó traslape se lo realizo con varilla de  $\varnothing 6$

mm, en la segunda y la tercera se utilizó traslape con varilla de  $\varnothing 6$  mm con traslape de 13 cm y 8 cm. distribuidos de forma escalonada más desfavorable, a un tercio de la viga sin utilizar escalonamiento recomendado por las normas. (Ver Anexo A)

### **3.3. Construcción del encofrado**

Con el diseño ya establecido se procede a la fabricación del encofrado se utilizó madera semidura con un espesor de 2 cm, se procedió a realizar cortes de la tabla con finalidad de una facilidad de trabajo con medidas (una tabla de 75x11 cm, dos tablas de 75x 15 cm y dos de 11 x17 cm) y así sea fácil el desencofrar una vez fraguadas las vigas. (Ver Anexo B)

### **3.4. Hormigonado de las vigas.**

Para el hormigonado de las vigas se realizó un hormigón con una dosificación de 2.5-2-1 (2.5 de triturado  $\frac{3}{4}$ , 2 de arena y 1 de cemento). Para el material  $\frac{3}{4}$  se utilizó de la cantera más cercana, la arena fue extraída del rio jubones y el cemento de nombre Guapan. Obteniendo toda la dosificación se desarrolló el concreto para comenzar el llenado al encofrado donde de forma manual se iba vibrando para que ocupara cada espacio de la viga. Una vez llenado el encofrado se froto el bailejo en la superficie de las vigas para darles un buen acabado, y luego fueron llevados al laboratorio para empezar con su debido fraguado por un mínimo de 21 días. (Ver Anexo C)

### **3.5. Desencofrado**

Las vigas se dejaron fraguar entre 21 días aproximadamente, pero el encofrado de estas fue quitado a los 2 días después de fabricadas las vigas. Una vez desencofrada la viga se procede a llevarlas al laboratorio para que se realice su adecuado fraguado y después de su respectivo fraguado. (Ver Anexo D)

#### 4. Descripción del procedimiento para la construcción de las vigas a ensayar

Se adoptó el diseño de vigas rectangulares (70mm x 145mm x 750mm), en la determinación de traslapes ineficientes de forma escalonada, sometidas a una carga de diseño de 6.72 KN aplicada en el centro de la luz y un momento ultimo de 1.26 KN-m.

- Carga máxima teórica a soportar la viga es de 700 kg-f.
- Un momento ultimo de 1.26 KN-m.
- Acero total requerido es de 25.45 mm<sup>2</sup>, por lo que una varilla No. 6, tiene un área 28.3 mm<sup>2</sup>, siendo este el refuerzo utilizado.

Tabla 3: Datos de las vigas.

	As	Traslape en mm	Longitud de anclaje en mm	recubrimiento
VIGA 1	28.3 mm <sup>2</sup>	no existe	70 mm	20 mm
VIGA 2	28.3 mm <sup>2</sup>	130 mm	70 mm	20 mm
VIGA 3	28.3 mm <sup>2</sup>	80 mm	70 mm	20 mm

A continuación, se desarrolló la verificación del diseño de la viga ensayada en el trabajo de titulación.

#### ❖ Desarrollo

Tabla 4: Datos de la viga.

<b>f<sub>y</sub> =</b>	420 MPa.
<b>f'c =</b>	24 MPa.
<b>b =</b>	70 mm.
<b>h =</b>	145 mm.
<b>L =</b>	750 mm

Dimensionamiento de la viga.

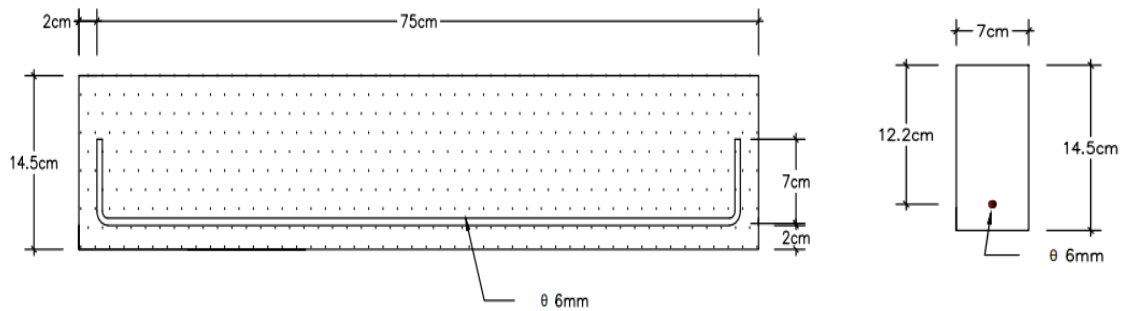


Ilustración 3: Dimensiones de la viga.

Se procede a encontrar la distancia.

$$d = 145 - 20 - 6/2 = 122 \text{ mm}$$

Se iguala la tracción con la compresión.

$$T = A_s * f_y = C$$

$$T = 28.3 * 420 = 11886 \text{ N}$$

Donde la profundidad de bloque rectangular se encuentra igualando la tracción.

$$T = 0.85 f'_c * a * b$$

$$a = \frac{T}{0.85 f'_c * b}$$

$$a = \frac{11886}{0.85 * 24 * 70} = 8.3 \text{ mm}$$

Con los valores obtenidos se obtiene el momento nominal.

$$M_n = T(d - a/2)$$

$$M_n = 11886 (122 - 8.3/2)$$

$$M_n = 1.4 \text{ kN.m}$$

Igualando el momento nominal y el momento último se obtiene la carga.

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$0.9 * 1.4 = \frac{P * 0.75}{4}$$

$$P = 6.72 \text{ kN}$$

$$Mu = 1.26 \text{ kN.m}$$

$$Mu = As * fy * (d - a/2)$$

Con el momento último se obtiene el acero requerido.

$$As = \frac{Mu}{fy * (d - a/2)}$$

$$As = \frac{1.26}{420 * (122 - 8.3/2)} = 25.45 \text{ mm}^2$$

### Cuantía de refuerzo

$$\rho_{max} = 0.5\rho_b \leq 0.025$$

$$\rho_b = 0.51 * 0.85 * \frac{24}{420}$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4fy} \geq \frac{1.4}{fy}$$

$$\rho_{max} = 0.01235$$

$$\rho_c = 0.00318$$

$$\rho_{min} = 0.00333$$

### Ductilidad

$$a = \beta_1 * c$$

$$c = \frac{8.3}{0.85} = 9.76 \text{ mm}$$

Se procede a encontrar la deformación

$$\varepsilon_t = \frac{\varepsilon_{cu}(d - c)}{c}$$

$$\varepsilon_t = \frac{0.003(122 - 9.76)}{9.76} = 0.0345$$

$$\varepsilon_{ty} = \frac{fy}{Es}$$

$$\varepsilon_{ty} = \frac{420}{200000} = 0.0021$$

### Controlado a tensión.

Igualando las deformaciones se verifica si está controlada a tensión.

$$\varepsilon_t \geq \varepsilon_{ty} + 0.003$$

$$0.0345 \geq 0.0051$$

### Calculo por Cortante

Con la carga se encuentra la cortante mayorada.

$$Vu = \frac{P}{2}$$

$$Vu = \frac{6.72kN}{2} = 3.36 kN$$

Con valores dados para el desarrollo se obtiene la cortante nominal.

$$Vc = 0.17 \lambda \sqrt{f'c} * bw * d$$

$$Vc = 0.17 * 1 * \sqrt{24} * 70 * 122$$

$$Vc = 7.11 kN$$

Se encuentra la cortante nominal.

$$Vs = \frac{Vu - \phi Vc}{\phi}$$

$$Vs = \frac{3.36 - 0.75 * 7.11}{0.75}$$

$$Vs = -2.62 kN$$

Sumando las cortantes se obtiene la resistencia nominal al cortante.

$$Vn = Vc + Vs$$

$$Vn = 7.11 + (-2.62)$$

$$Vn = 4.49 kN$$

Se igualan las cortantes

$$\phi Vn \geq Vu$$



$$0.75 * 4.49 \text{ kN} \geq 3.36 \text{ kN}$$

$$3.36 \text{ kN} = 3.36 \text{ kN}$$

**Se proporciona  $A_{v_{min}}$  si:**

Igualando las cortantes se verifica si cumple o no la cortante.

$$V_u > \phi V_c$$

$$3.36 \text{ kN} > 5.33 \quad \text{No cumple}$$

La ecuación ACI-318 se aplica para encontrar la longitud de desarrollo.

$$l_d = \frac{f_y}{1.1\lambda\sqrt{f'_c}} \frac{\psi_t\psi_e\psi_s\psi_g}{\left(\frac{c_b + k_{tr}}{d_b}\right)} * d_b$$

$$l_d = \frac{420}{1.1 * 1 * \sqrt{24}} \frac{1 * 1 * 0.8 * 1}{\left(\frac{23 + 0}{6}\right)} * 6$$

$$l_d = 97.6 \text{ mm}$$

**Traslape**

Según la (Tabla 25.5.2.1) ACI-318 — Se encuentra la Longitud óptima para el traslape.

$$\text{traslape} = 1.3(l_d)$$

$$\text{traslape} = 126.88 \text{ mm} \approx 13 \text{ cm}$$

**Longitud de anclaje**

Se desarrollo aplicando la norma (25.4.3.1) ACI-318.

$$l_a = \left( \frac{f_y \psi_e \psi_r \psi_o \psi_c}{23 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b^{1.5} \quad \psi_c = \frac{24}{105} + 0.6 = 0.83$$

$$l_a = \left( \frac{420 * 1 * 1 * 1 * 0.83}{23 * 1 * \sqrt{24}} \right) 6^{1.5}$$

$$l_a = 45.5 \text{ mm}$$

O también se considera la longitud de anclaje 12 veces el diámetro de la barra.

$$12d_b = 12 * 6 = 72 \text{ mm}$$

### VIGA #1

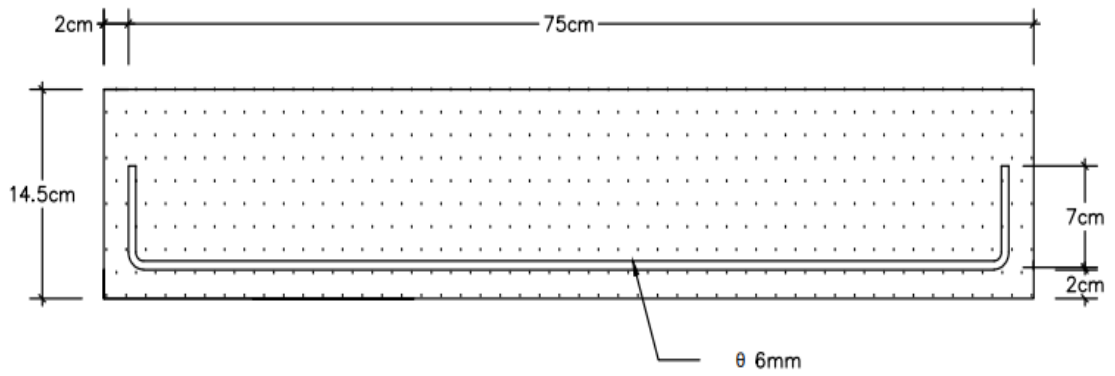


Ilustración 4: Armadura de la viga 1

### VIGA #2

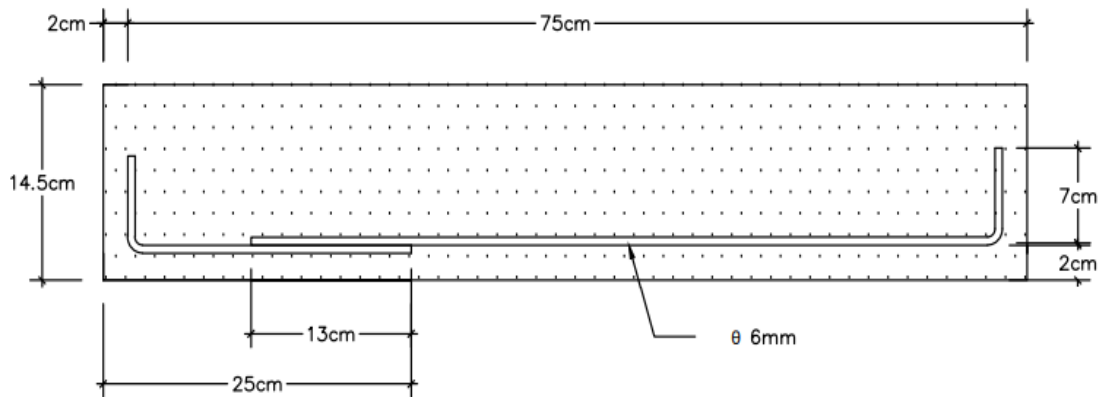


Ilustración 5: Armadura de la viga 2

### VIGA #3

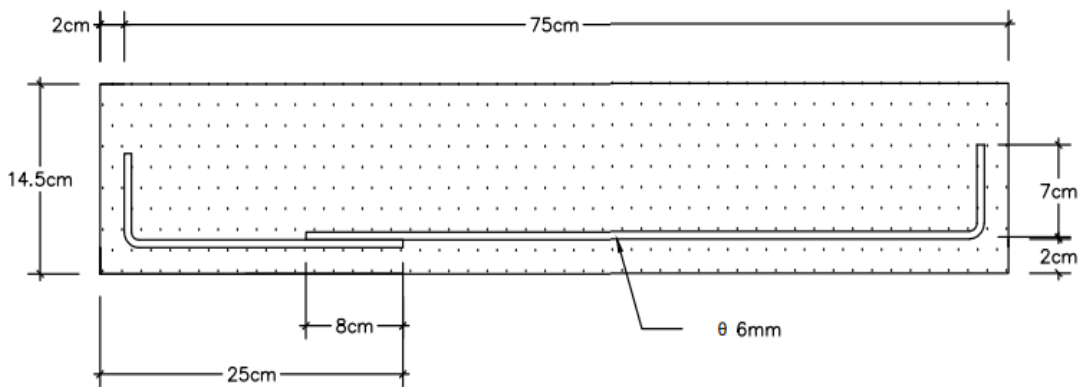


Ilustración 6: Armadura de la viga 3

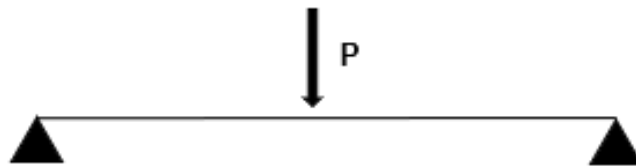
### III. RESULTADOS

#### Generalidades

Los resultados serán dados en el orden que fueron realizados los ensayos. Además, se mostrarán algunos resultados adicionales como los obtenidos en una viga de ensayo a escala en la tabla 5.

#### Preparación de los ensayos

El esquema a seguir sobre cargas durante el ensayo es con una forma de simplemente apoyada y con carga puntual al centro de la viga.



*Ilustración 7: Esquema de la viga.*

Debido a que la máquina de ensayo solo dispone de una carga central.

#### Resultados de los ensayos.

A continuación, los resultados de las 3 vigas de ensayo, dando los valores de la carga máxima, el desplazamiento vertical al centro de las vigas, datos que da el software de la máquina.

Los ensayos fueron realizados en el orden siguiente y de esta forma también se mostrarán los resultados obtenidos:

- Varilla continua.
- Por Traslape.

*Tabla 5: resistencia de las vigas.*

resistencias de las vigas				
Viga	Carga primera fisura (kg-f)	Carga rotura (kg-f)	Características	
			# de armaduras	Diámetro de la barra
1	900	1620	1	6 mm
2	840	1600	1	6 mm
3	820	1430	1	6 mm

## VIGA 1

Viga de hormigón armado con 1 Ø 6, sin traslape.

Esta viga sin traslape está diseñada para comparar con las vigas traslapadas donde se puede apreciar una clara fisura en la viga a los 900 kg-f de carga aplicada, pero está aumentando hasta que llega a la rotura total con la carga de 1620 kg-f.



Ilustración 8: Viga 1 tras rotura.

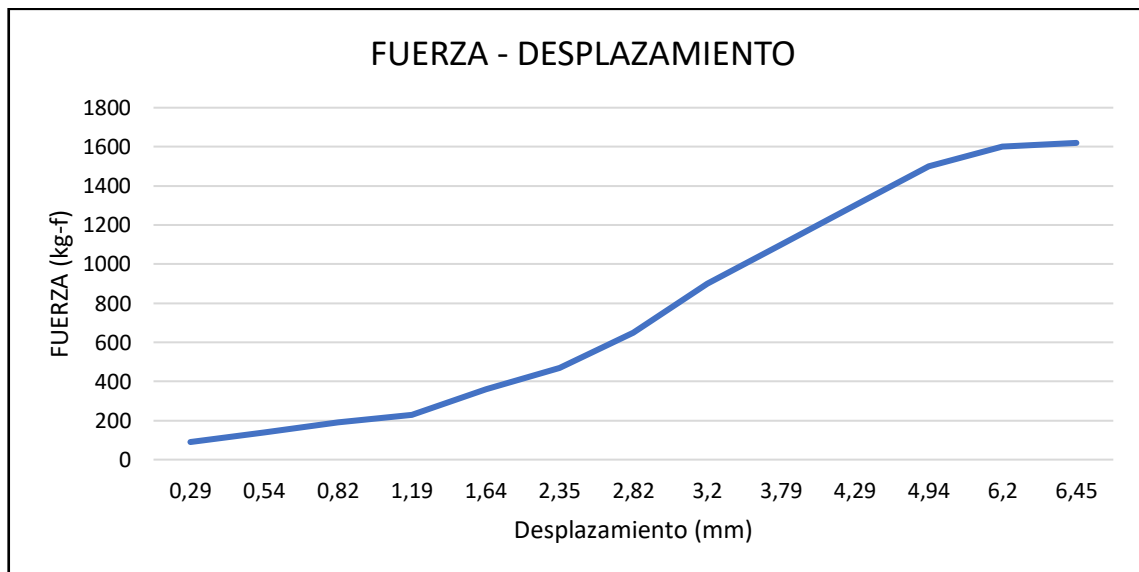
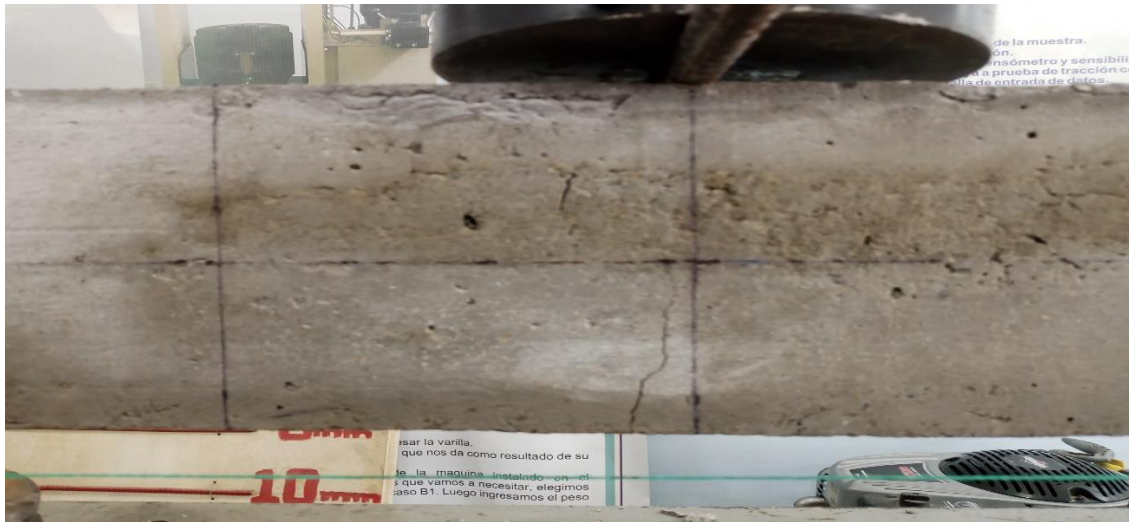


Ilustración 9: Grafica (Fuerza - Desplazamiento) Viga 1.

## VIGA 2

Viga de hormigón armado con 1 Ø 6, con traslape de 13 cm.

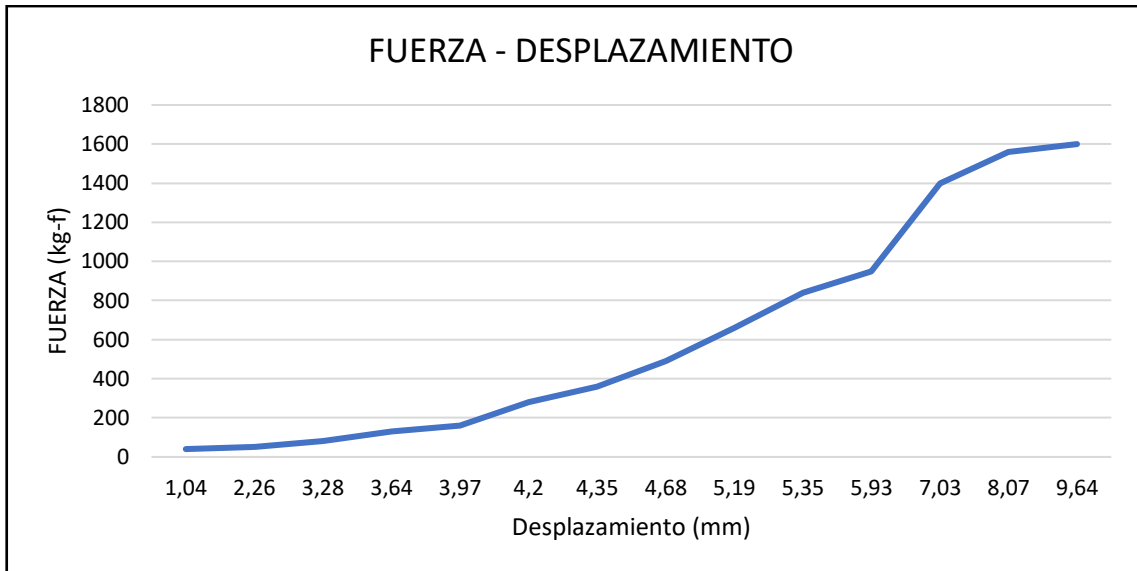
Esta viga está diseñada con la norma mínima donde se puede apreciar una clara fisura en la viga a los 840 kg-f de carga aplicada, pero está aumentando hasta que llega a la rotura total con la carga de 1600 kg-f.



*Ilustración 10: Viga 2 tras fisura.*



*Ilustración 11: Viga 2 tras rotura.*



*Ilustración 12: Grafica (Fuerza - Desplazamiento) Viga 2.*

### VIGA 3

Viga de hormigón armado con 1 Ø 6, con traslape de 8 cm.

Esta viga fue diseñada para que falle ya que no cumple requisitos de las normas donde se puede apreciar una clara fisura en la viga a los 820 kg-f de carga aplicada, pero está aumentando hasta que llega a la rotura total con la carga de 1430 kg-f.



*Ilustración 13: Viga 3 tras fisura.*





Ilustración 14: Viga tras rotura.

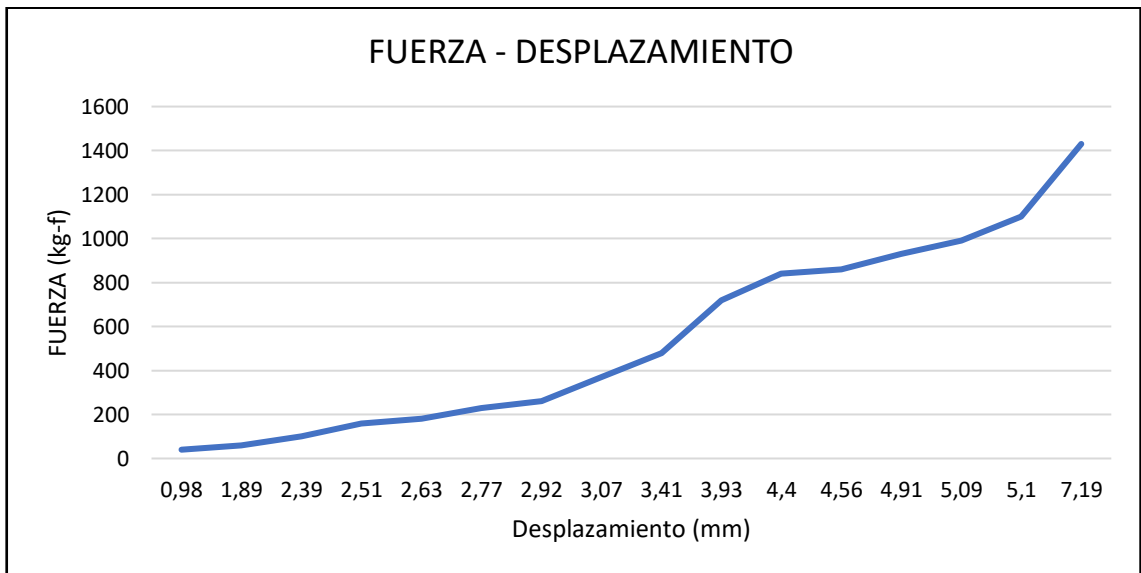


Ilustración 15: Grafica (Fuerza - Desplazamiento) Viga 3.



#### IV. CONCLUSIONES

- En el desarrollo de este análisis las vigas ensayadas han resultado ser mayor resistentes de lo previsto en lo que respecta a la formulación analítica. Se debe considerar, que en este análisis se utilizaron las condiciones más desfavorables, como traslapar las barras de la viga a una distancia no exigida en la norma, pero si utilizando el escalonamiento en traslapes adecuado.
- La viga sin traslape resulto ser más eficiente al momento de realizar el ensayo.
- Para las vigas traslapadas se puede destacar el rango de cargas máximas soportada que fluctúa entre 1400 – 1600 kg-f para su rotura.
- Cabe destacar que este análisis se lo realizo emulando normas con el fin especifico de ensayar armaduras traslapadas con dimensiones de barra de 6 mm.
- En este caso la adherencia entre las barras que componen los traslapes es lo suficiente, dándole al traslape mayor resistencia para que no falle por adherencia.

## **V. RECOMENDACIONES**

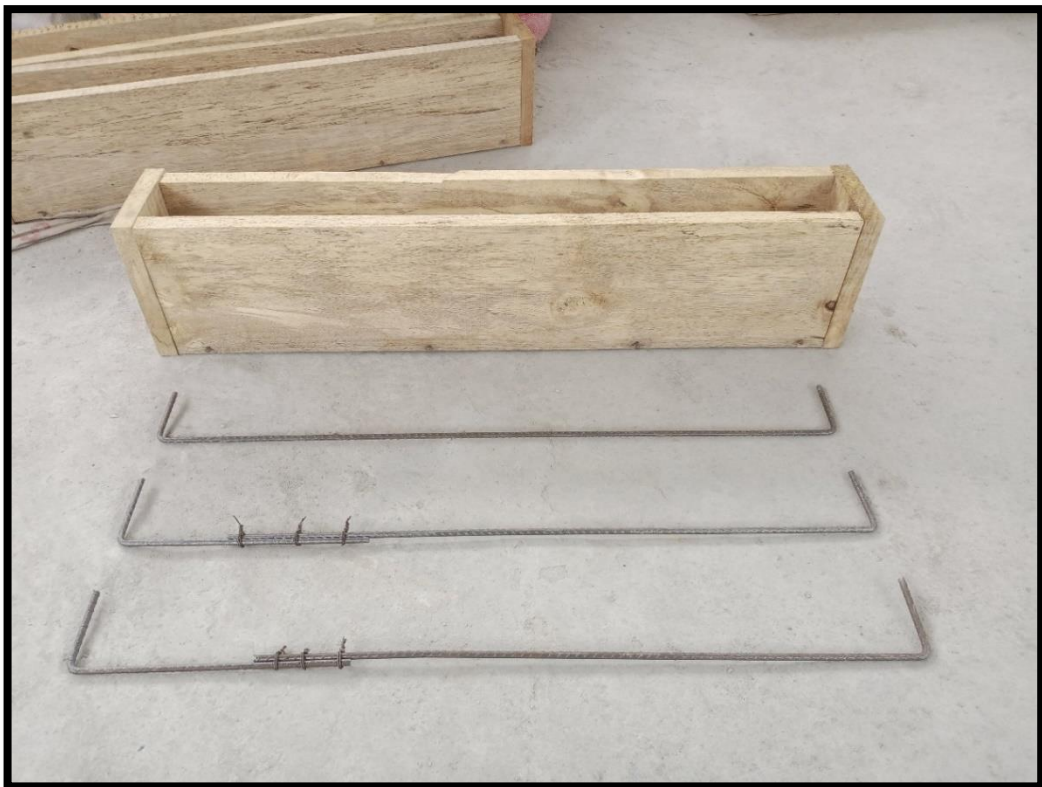
- Realizar la respectiva dosificación de materiales a utilizar en la mezcla del hormigón, ya que un exceso o deficiencia de esta provocaría una baja adherencia o una mala distribución en los elementos de la mezcla del hormigón.
- Prestar más atención a este tipo de investigación para poder desarrollar y proporcionar datos experimentales más adecuados para respaldar las decisiones en el diseño de elementos estructurales sometidos a flexión.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. Chiriboga, J. Maldonado y B. Chiriboga, «Influencia de la corrosión en varillas de acero de refuerzo, y sus efectos en la resistencia estructural de edificaciones.,» *Journal ScientificMQRIInvestigar*, vol. 6, nº 4, pp. 396-419, 2022.
- [2] G. Colque, «Concreto reforzado con textil para el refuerzo y rehabilitación de columnas de hormigón armado,» *Revista de Investigación*, vol. 5, nº 11, pp. 59-77, 2021.
- [3] R. Lanti y M. Martínez, «Flexión compuesta esviada en secciones de hormigón armado. Aproximación numérica,» *Informes de la Construcción*, vol. 72, pp. 2-3, 2020.
- [4] J. Santamaría y L. Morales, «Diseño a flexión de vigas de hormigón simplemente apoyadas utilizando lógica difusa,» *Revista INGENIO*, vol. 2, nº 1, pp. 33-42, 2018.
- [5] J. Faria, I. d. C. Díaz y H. Rivas, «Estructuras de hormigón armado con barras de Polímero Reforzado con Fibras de Vidrio.,» *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, vol. 11, nº 3, pp. 4-5, 2017.
- [6] D. P. Guerrero, «Análisis técnico y económico del diseño por desempeño de edificios con estructura de acero utilizando arriostramientos concéntricos.,» *Revista Gaceta Técnica.*, pp. 41-59, 2019.
- [7] M. Farfán y D. Pinedo, «Fibras de acero en la resistencia a la compresión del concreto.,» *Revista Gaceta Técnica.*, pp. 4-13, 2018.
- [8] A. S. y. M. Mashreib, ««Análisis de elementos finitos de Vigas de Hormigón Armado CFRP.,» *Revista Ingeniería de Construcción RIC*, pp. 148-168, 2020.
- [9] L. Verduzco, J. Horta, M. Pérez y J. Hernandez, «Performance-Based Optimization of Reinforced Ductile Concrete Frames with Asymmetric Reinforcement in Columns Using the ISR Analogy,» *Current Journal of Applied Science and Technology*, pp. 32-60, 2021.
- [10] D. Hidalgo, «30 años después, ¿Qué aprendimos con el terremoto de Limón 1991 en el diseño de edificios y viviendas?,» *Revista Geológica de América Central*, pp. 1-13, 2021.

## VII. ANEXOS

### 1: ANEXO A





2: ANEXO B.





3: ANEXO C.









4: ANEXO D.

