

Effect of the location of the first stirrup on the shear strength of reinforced concrete beams

Juan Enrique, Herrera Muñoz¹; Miguel Angel, Mosqueira Moreno Dr.²; Hermes Roberto Mosqueira Ramírez Dr.³

¹Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), Cajamarca, Perú. jehm_19_20@hotmail.com

²Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), Cajamarca, Perú. mmosqueira@unc.edu.pe

³Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), Cajamarca, Perú. hmosqueira@unc.edu.pe

Abstract– *The objective of this research was to determine the effect of the distance of the first stirrup on the shear strength of reinforced concrete beams. Although Peruvian standards indicate that the distance of the first stirrup in beams should be less than or equal to 10 cm, in practice there are discrepancies in this distance, which usually ranges from 2.5 to 10 cm, but its effect on shear strength is unknown. Therefore, in this experimental research, scale frames were constructed with the intention of having beams that work in the condition of fixed supports. The spacings of the location of the first stirrup were 2.5, 5, 7.5, and 10 cm, and three frames were made for each distance. These prototypes were subjected to point loads at a distance of 15 cm from the support, equivalent to the camber of the beam. This was done in order to determine the shear strength. These tests were carried out on the Universal Machine of the Materials Testing Laboratory of the Faculty of Engineering of the National University of Cajamarca. The results obtained for the location of the first stirrup at 2.5 cm, 5 cm, 7.5 cm, and 10 cm determined resistances of 5.51, 4.98, 4.53, and 4.28 tons, respectively. Finally, it was concluded that the location of the first stirrup has an effect on the shear strength of reinforced concrete beams, since the closer the first stirrup is, the greater the beam's shear strength.*

Keywords– *Reinforced concrete, shear stress, stirrups, beams.*

Efecto de la ubicación del primer estribo en la resistencia al esfuerzo cortante de vigas de concreto armado

Juan Enrique, Herrera Muñoz¹; Miguel Angel, Mosqueira Moreno Dr.²; Hermes Roberto Mosqueira Ramírez Dr.³

¹Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), Cajamarca, Perú. jehm_19_20@hotmail.com

²Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), Cajamarca, Perú. mmosqueira@unc.edu.pe

³Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), Cajamarca, Perú. hmosqueira@unc.edu.pe

Resumen– Esta investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de la distancia del primer estribo en la resistencia al esfuerzo cortante de vigas de concreto armado. Aunque la norma peruana indica que la distancia del primer estribo en vigas debe ser menor o igual a 10 cm, en la práctica existe discrepancias en esta distancia y suelen ubicarse entre 2.5 a 10 cm, pero desconociendo su efecto en la resistencia a corte. Por lo que en esta investigación experimental se construyeron pórticos a escala con la intención de tener vigas que trabajen en la condición de apoyos empotrados, los espaciamientos de la ubicación del primer estribo fueron de 2.5, 5, 7.5 y 10 cm, para cada distancia se elaboraron 3 pórticos. Estos prototipos fueron sometidos a cargas puntuales a la distancia de 15 cm del apoyo, equivalente al peralte de la viga, esto se realizó con el fin de determinar la resistencia a esfuerzo cortante, estos ensayos fueron realizados en la Máquina Universal del Laboratorio de Ensayos de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca. Los resultados obtenidos para la ubicación del primer estribo a 2.5 cm, 5 cm, 7.5 cm y 10 cm determinaron resistencias de 5.51, 4.98, 4.53 y 4.28 toneladas respectivamente. Finalmente se concluyó que la ubicación del primer estribo tiene un efecto en la resistencia al esfuerzo cortante de vigas de concreto armado, pues a menor distancia del primer estribo, la viga tiene mayor resistencia a corte.

Palabras clave– Concreto armado, esfuerzo cortante, estribos, vigas.

I. INTRODUCCIÓN

Esta investigación está basada en la tesis “Influencia de la distancia del primer estribo en la resistencia al esfuerzo cortante de vigas de concreto armado”, la que se encuentra en el repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca [1].

En esta investigación se determinó el efecto de la ubicación del primer estribo en la resistencia al esfuerzo cortante de vigas de concreto armado. Además, toma como base el estudio de la influencia de la reducción del ángulo de inclinación de los estribos en la resistencia al esfuerzo cortante de vigas de concreto armado evaluado en la investigación “Influencia de la reducción del ángulo de inclinación de los estribos en la resistencia al esfuerzo cortante de vigas de concreto armado” [2].

Los daños en una estructura a causa de un sismo son variables y dependen del tipo de material y de estructura, sin embargo, los daños que más preocupan a los especialistas son los conocidos como cortante, que se caracterizan por grietas inclinadas en columnas y vigas y que pueden conducir al colapso de las estructuras. Por ello en las normas de construcción se busca que fallas de esta naturaleza no ocurran, aplicando factores de reducción de su resistencia más pequeños para ser usados en el diseño ante este tipo de cargas. Para los ingenieros diseñadores es preferible que una estructura falle por flexión, pues esto permite el desplazamiento de la estructura sin que colapse, provocando una falla dúctil. Las fallas por corte causan grietas a 45° de su eje longitudinal, localizadas en la base de las columnas, los extremos de las vigas o en la base de los muros. [3]

Es muy importante que las edificaciones cuenten con una capacidad de deformación suficiente para soportar la sollicitación sísmica sin degradar su resistencia. Con solo colocar refuerzo transversal estrechamente separado y bien detallado en la región de rotula plástica (extremos de una viga), puede evitarse que el concreto se astille seguido del pandeo por inestabilidad del refuerzo a compresión. [4]

Es de gran importancia conocer el comportamiento estructural de las edificaciones ante eventos sísmicos, por lo que con los resultados de esta investigación el ingeniero estructurista pueda tener un criterio adecuado para la distribución de estribos en las vigas de concreto armado, y probablemente un aporte para la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú. [1]

Así mismo la norma E060 indica que el primer estribo debe ir a menos de 10 cm pero que en la práctica se ubica a diferentes distancias sin conocer su efecto en la resistencia a cortante.

Cabe precisar que, la falla por corte es frágil y debe ser evitada siempre. Por ello, el código recomienda colocar una cantidad mínima de refuerzo transversal para brindar mayor seguridad al diseño y para garantizar que el elemento sea

capaz de resistir los esfuerzos que se presentan después de producirse el agrietamiento diagonal.

En un país sísmico como el Perú y la ciudad Cajamarca al encontrarse en una zona de alta sismicidad se debe de tener más cuidado con este tipo de fallas por cortante. Por lo que el aporte de esta investigación es determinar el efecto de la distancia del primer estribo en la resistencia a corte, pues aportará en la seguridad estructural de las edificaciones en especial de las viviendas, teniendo en cuenta que 80% de las viviendas en Cajamarca son autoconstruidas.

II. MARCO REFERENCIAL

Diferentes investigaciones han estudiado la influencia de la distancia del primer estribo en la resistencia al esfuerzo cortante de vigas de concreto armado. En [5] se estudió el Comportamiento de Vigas de Concreto Armado con Diferentes Espaciamientos de Estribos, donde utilizando concreto que incorporaba un 20 % de residuos de virutas de hierro como agregado fino. Los resultados mostraron que, a pesar de la disminución de la resistencia debido al reemplazo parcial del agregado, las vigas con espaciamientos más estrechos de estribos presentaron una mayor ductilidad, evidenciada por una mayor deformación antes de la falla.

Por otro lado, en [6] se estudió el uso refuerzo de corte en espiral rectangular continuo como refuerzo transversal en 28 vigas de hormigón armado, en una configuración de flexión de cuatro puntos. En este trabajo se adoptaron, tres espaciamientos (125 mm, 150 mm y 200 mm) y cinco ángulos de inclinación de los estribos (60°, 70°, 75°, 80° y 85°). Los resultados del ensayo indican claramente que el uso de refuerzo de corte en espiral rectangular mejoró la capacidad de corte y la ductilidad de las vigas en comparación con el tradicional estribo cerrado. Shatarat concluyó, que el ángulo de inclinación óptimo con estribos en espiral es de 80°.

Así mismo, en la investigación: “Influencia de la reducción del ángulo de inclinación de los estribos en la resistencia al esfuerzo cortante de vigas de concreto armado” los resultados del ensayo indican que estribos colocados con un ángulo de inclinación de 90°, 75°, 60° y 45°, genera resistencias al esfuerzo cortante de 7.47, 8.81, 9.66 y 9.95 toneladas respectivamente. Concluyó que la reducción del ángulo de inclinación aumentó la resistencia al esfuerzo cortante de vigas de concreto armado. [2]

III. METODOLOGÍA

La investigación fue aplicada mediante un enfoque cuantitativo, lo que permitió determinar la influencia de la distancia del primer estribo en la resistencia al esfuerzo cortante de vigas de concreto armado.

El análisis y los ensayos realizados durante la investigación se apoyaron en equipos especializados y materiales del laboratorio. Entre ellos figuraron una máquina de compresión, balanzas de precisión, un vernier para mediciones exactas, una computadora portátil para el registro y procesamiento de datos, así como diversas herramientas manuales que complementaron las actividades experimentales [1].

A. Materiales.

- Cemento Portland Tipo I
- Acero Corrugado $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ Grado 60
- Agregado Grueso y Fino
- Triplay 12mm para encofrados

B. Población de estudio.

Población de estudio: vigas de concreto armado que forman parte de pórticos.

C. Muestras en estudio:

Con el fin tener vigas con los extremos rígidos que no permitan la rotación, se ha construido pórticos en las cuales las columnas tengan mayor dimensión y rigidez que simulen un apoyo empotrado y el efecto de la fuerza cortante se únicamente soportada por la viga como se observa en la siguiente figura.

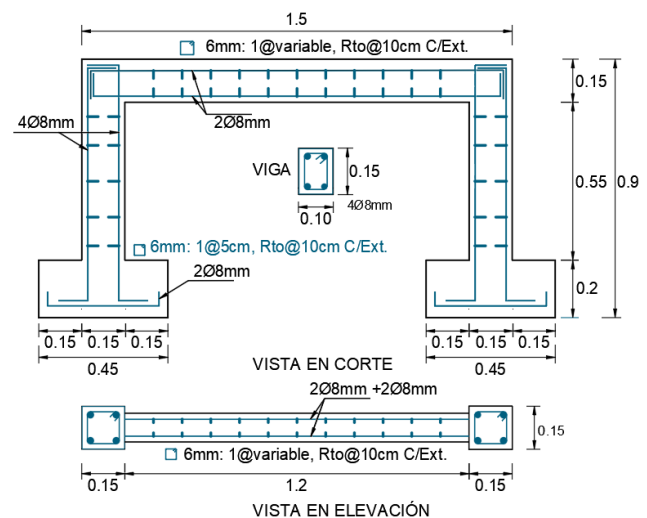


Fig. 1 Vigas Típicas de pórticos, vista en elevación y en corte.[1]

La muestra estuvo conformada por 12 vigas que son parte de un pórtico de concreto armado en los cuales se varió la distancia del primer estribo como se indica a continuación.

- 03 vigas Tipo I: Vigas de sección transversal de 10 cm x 15 cm y 1.25 mts de longitud, con apoyos empotrados y con el primer estribo a una distancia de 2.5 cm medido desde la cara del apoyo. [1]
- 03 vigas Tipo II: Vigas de sección transversal de 10 cm x 15 cm y 1.25 mts de longitud, con apoyos

empotrados y con el primer estribo a una distancia de 5.0 cm medido desde la cara del apoyo. [1]

- 03 vigas Tipo III: Vigas de sección transversal de 10 cm x 15 cm y 1.25 mts de longitud, con apoyos empotrados y con el primer estribo a una distancia de 7.5 cm medido desde la cara del apoyo. [1]
- 03 vigas Tipo IV: Vigas de sección transversal de 10 cm x 15 cm y 1.25 mts de longitud, con apoyos empotrados y con el primer estribo a una distancia de 10 cm medido desde la cara del apoyo. [1]

D. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Para el ensayo de las vigas de concreto armado se utilizaron las siguientes normas:

- Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado (ASTM D422)
- Límites de Atterberg (ASTM D4318)
- Límite Plástico (ASTM D4318)
- Proctor estándar (AASHTO T-99)
- Absorción por capilaridad (UNE 41410 y NTP 399.613)
- Absorción por inmersión total (ASTM C67 y NTP 399.613)
- Erosión (UNE 41410)
- Resistencia a compresión (ASTM C109, UNE 41410 y NTP 399.604)
- Resistencia a flexión (ASTM C348 y NTP 339.079)

E. Técnicas para el procesamiento y análisis de información:

El proceso constituyó el recuento, clasificación, ordenación de los datos obtenidos para la interpretación de los resultados, estableciendo la base para el análisis y elaboración de conclusiones a los objetivos planteados en la investigación. En el análisis e interpretación se han utilizado gráficos y tablas comparativas [1].

Las vigas de concreto armado se ensayaron en la máquina de ensayo universal de 100 Ton en el laboratorio de la UNC. Finalmente, con los datos obtenidos en el laboratorio, como las cargas de rotura y deformaciones, se determinaron la resistencia al esfuerzo cortante de cada una de las vigas de concreto armado [1].

Los resultados de esta investigación se muestran en tablas y gráficos, en los cuales se realizó un análisis comparativo de los resultados obtenidos para cada caso.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Ensayos a compresión simple:

Con la dosificación de concreto obtenida del diseño de mezclas se realizaron 3 testigos de concreto, los cuales se ensayaron a los 28 días [1].

TABLA I
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS TESTIGOS DEL CONCRETO

N° de Testigo	Carga última de Rotura (tn)	Área (cm ²)	f _c a los 28 días (kg/cm ²)
1	38.0	176.2	215.66
2	37.5	176.3	212.71
3	37.0	176.2	209.99

Nota: Adaptado de Ref. [1]

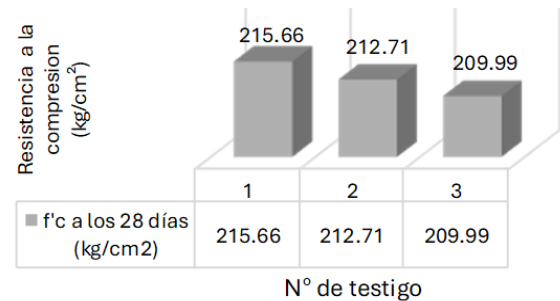


Fig. 2 Resistencia a la compresión de los testigos del concreto [1].

En la Tabla I y Fig. 2 se observa que la resistencia del concreto usado en la fabricación de las vigas es de 210 kg/cm² en promedio. Los ensayos a compresión simple se han realizado con lo estipulado en la norma ASTM C39 y en la norma NTP 339.034.

B. Ensayos de vigas de concreto armado:

Ensayos de vigas con el primer estribo colocado a 2.5 cm.

Se ensayaron 03 vigas, en donde el primer estribo se colocó a 2.5 cm desde la cara del apoyo. La carga aplicada fue aumentada en 0.1 toneladas cada dos segundos, así podemos ver las diferentes cargas aplicadas y deformaciones registradas para cada escalón de carga, con estos datos se obtuvo los esfuerzos cortantes, además de generar la curva de esfuerzo - deformación de la cada viga.

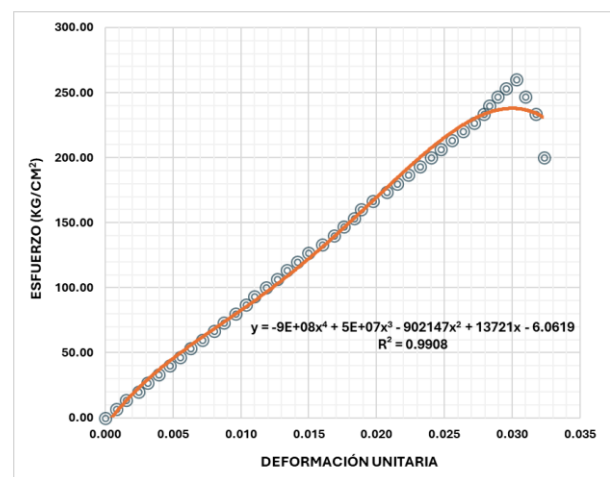


Fig. 3 Diagrama esfuerzo vs deformación de la viga N° 01 con el primer estribo colocado a 2.5 cm [1]

Ensayos de vigas con el primer estribo colocado a 5 cm.

Se ensayaron 03 vigas, en donde el primer estribo se colocó a 5 cm desde la cara del apoyo. La carga aplicada fue aumentada en 0.1 toneladas cada dos segundos, así podemos ver las diferentes cargas aplicadas y deformaciones registradas para cada escalón de carga, con estos datos se obtuvo los esfuerzos cortantes, además de generar la curva de esfuerzo - deformación de la cada viga.

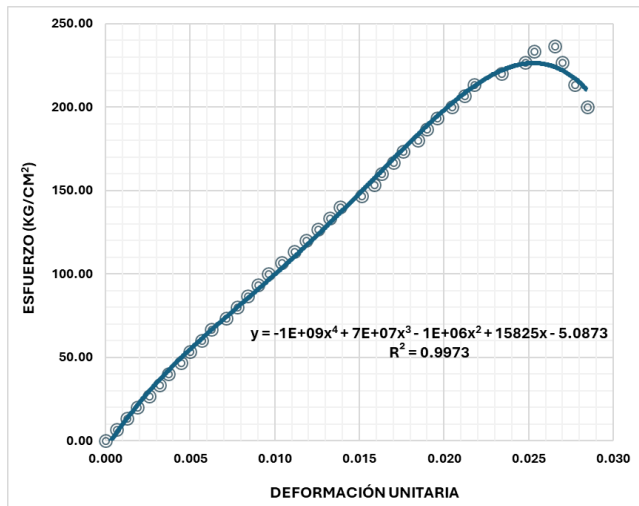


Fig. 4 Diagrama esfuerzo vs deformación de la viga N° 01 con el primer estribo colocado a 5 cm [1]

Ensayos de vigas con el primer estribo colocado a 7.5 cm.

Se ensayaron 03 vigas, en donde el primer estribo se colocó a 7.5 cm desde la cara del apoyo. La carga aplicada fue aumentada en 0.1 toneladas cada dos segundos, así podemos ver las diferentes cargas aplicadas y deformaciones registradas para cada escalón de carga, con estos datos se obtuvo los esfuerzos cortantes, además de generar la curva de esfuerzo - deformación de la cada viga.

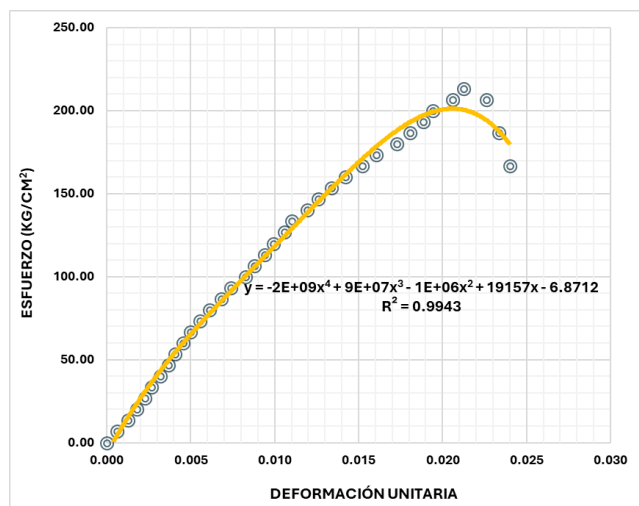


Fig. 5 Diagrama esfuerzo vs deformación de la viga N° 01 con el primer estribo colocado a 7.5 cm [1]

Ensayos de vigas con el primer estribo colocado a 10 cm.

Se ensayaron 03 vigas, en donde el primer estribo se colocó a 10 cm desde la cara del apoyo. La carga aplicada fue aumentada en 0.1 toneladas cada dos segundos, así podemos ver las diferentes cargas aplicadas y deformaciones registradas para cada escalón de carga, con estos datos se obtuvo los esfuerzos cortantes, además de generar la curva de esfuerzo - deformación de la cada viga.

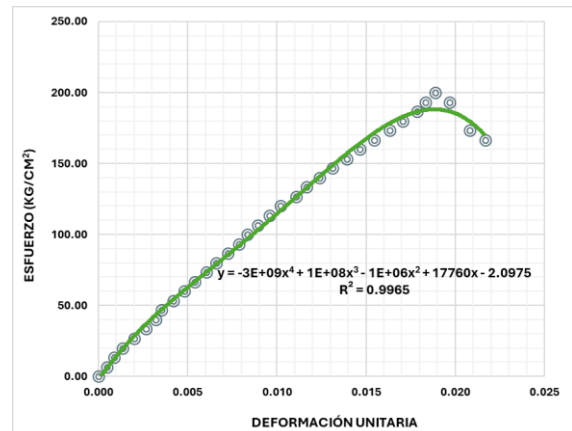


Fig. 6 Diagrama esfuerzo vs deformación de la viga N° 01 con el primer estribo colocado a 10 cm [1]

Carga Máxima para cada tipo de viga.

En la tabla II se puede comparar las cargas de rotura en las vigas de concreto armado, en donde se observó que las vigas con el primer estribo colocado a 2.5 cm desde la cara del apoyo resistieron una carga de 3.90 toneladas, 4.0 toneladas y 3.95 toneladas, con un promedio de 3.95 toneladas; las vigas con el primer estribo colocado a 5 cm desde la cara del apoyo resistieron una carga de 3.40 toneladas, 3.55 toneladas y 3.95 toneladas, con un promedio de 3.52 toneladas; las vigas con el primer estribo colocado a 7.5 cm desde la cara del apoyo resistieron una carga de 3.20 toneladas, 3.25 toneladas y 3.30 toneladas, con un promedio de 3.25 toneladas; y finalmente las vigas con el primer estribo colocado a 10 cm desde la cara del apoyo resistieron una carga de 3.00 toneladas, 3.05 toneladas y 3.15 toneladas, con un promedio de 3.07 toneladas.

TABLA II
PROMEDIO DE CARGA MÁXIMA DE CADA VIGA DE CONCRETO ARMADO

TIPO DE VIGA	N° DE VIGA	CARGA MÁXIMA (tn)	PROMEDIO DE CARGA (tn)
I	Viga N° 01	3.90	3.95
	Viga N° 02	4.00	
	Viga N° 03	3.95	
II	Viga N° 01	3.40	3.52
	Viga N° 02	3.55	
	Viga N° 03	3.60	
III	Viga N° 01	3.20	3.25
	Viga N° 02	3.25	
	Viga N° 03	3.30	
IV	Viga N° 01	3.00	3.07
	Viga N° 02	3.05	
	Viga N° 03	3.15	

Nota: Adaptado de Ref. [1]

Deformación máxima para cada tipo de viga.

En la tabla III se puede comprar las deformaciones en las vigas de concreto armado, observando que las vigas con el primer estribo colocado a 2.5 cm desde la cara del apoyo tuvieron una deformación 4.55 mm, 4.65 mm y 4.50 mm, con un promedio de 4.57 mm; las vigas con el primer estribo colocado a 5 cm desde la cara del apoyo tuvieron una deformación 4.05 mm, 4.09 mm y 4.15 mm, con un promedio de 4.10 mm; las vigas con el primer estribo colocado a 7.5 cm desde la cara del apoyo tuvieron una deformación 3.19 mm, 3.35 mm y 3.38 mm, con un promedio de 3.31 mm; y finalmente las vigas con el primer estribo colocado a 10 cm desde la cara del apoyo tuvieron una deformación 2.83 mm, 2.86 mm y 3.05 mm, con un promedio de 2.91 mm.

TABLA III
PROMEDIO DE DEFORMACIÓN MÁXIMA DE CADA VIGA DE CONCRETO ARMADO.

TIPO DE VIGA	N° DE VIGA	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)	PROMEDIO DE DEFORMACIÓN (mm)
I	Viga N° 01	4.55	4.57
	Viga N° 02	4.65	
	Viga N° 03	4.50	
II	Viga N° 01	4.05	4.10
	Viga N° 02	4.09	
	Viga N° 03	4.15	
III	Viga N° 01	3.19	3.31
	Viga N° 02	3.35	
	Viga N° 03	3.38	
IV	Viga N° 01	2.83	2.91
	Viga N° 02	2.86	
	Viga N° 03	3.05	

Nota: Adaptado de Ref. [1]

Esfuerzo Cortante para cada tipo de viga.

En la tabla IV, se observa que las resistencias al esfuerzo cortante en las vigas con el primer estribo colocado a 2.5 cm desde la cara del apoyo fueron de 5.54 toneladas, 5.58 toneladas y 5.51 toneladas, con un promedio de 5.51 toneladas; las resistencias al esfuerzo cortante en las vigas con el primer estribo colocado a 5 cm desde la cara del apoyo fueron de 4.95 toneladas, 4.95 toneladas y 5.02 toneladas, con un promedio de 4.98 toneladas; las resistencias al esfuerzo cortante en las vigas con el primer estribo colocado a 7.5 cm desde la cara del apoyo fueron de 4.46 toneladas, 4.53 toneladas y 4.60 toneladas, con un promedio de 4.53 toneladas; y finalmente las resistencias al esfuerzo cortante en las vigas con el primer estribo colocado a 10 cm desde la cara del apoyo fueron de 4.18 toneladas, 4.25 toneladas y 4.39 toneladas, con un promedio de 4.28 toneladas.

TABLA IV
ESFUERZO CORTANTE PROMEDIO DE CADA VIGA
DE CONCRETO ARMADO

TIPO DE VIGA	N° DE VIGA	ESFUERZO CORTANTE (ton)	ESFUERZO CORTANTE PROMEDIO (ton)
I	Viga N° 01	5.44	5.51
	Viga N° 02	5.58	
	Viga N° 03	5.51	
II	Viga N° 01	4.95	4.98
	Viga N° 02	4.95	
	Viga N° 03	5.02	
III	Viga N° 01	4.46	4.53
	Viga N° 02	4.53	
	Viga N° 03	4.60	
IV	Viga N° 01	4.18	4.28
	Viga N° 02	4.25	
	Viga N° 03	4.39	

Nota: Adaptado de Ref. [1]

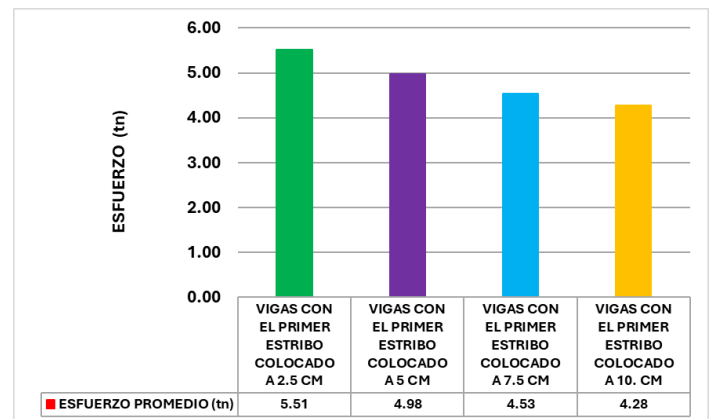


Fig.7 Comparación de esfuerzos cortantes promedio en vigas de concreto armado [1]

En la fig. 7 se observa que la resistencia al esfuerzo cortante promedio para las vigas con primer estribo ubicado a 2.5 cm desde la cara del apoyo fue de 5.51 toneladas; la resistencia al esfuerzo cortante promedio para las vigas con primer estribo ubicado a 5 cm desde la cara del apoyo es de 4.98 toneladas; la resistencia al esfuerzo cortante promedio para las vigas con primer estribo ubicado a 7.5 cm desde la cara del apoyo fue de 4.53 toneladas; y la resistencia al esfuerzo cortante promedio para las vigas con primer estribo ubicado a 10 cm desde la cara del apoyo fue de 4.28 toneladas.

Si consideramos como valor base el esfuerzo de 4.28 toneladas equivalente a la colocación del primer estribo a 10 cm. Podríamos indicar que el esfuerzo cortante aumenta en 6%, 16% y 29% para la colocación del estribo de 7.5cm, 5cm y 2.5cm respectivamente.

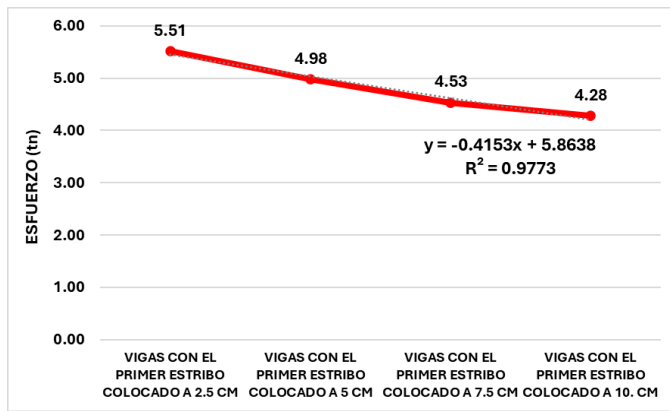


Fig. 8 Gráfico de esfuerzos cortantes promedio en vigas de concreto armado [1]

En la figura 8 se observa que las vigas con el primer estribo ubicado a 2.5 cm desde la cara del apoyo tuvieron una resistencia al esfuerzo cortante de 5.51 toneladas, luego al aumentar el espaciamiento en 2.5 cm, es decir vigas con el primer estribo ubicado a 5 cm desde la cara de apoyo, tuvieron una resistencia al esfuerzo cortante de 4.98 toneladas, disminuyendo en 0.53 toneladas, representando un decremento de 9.61%; al aumentar el espaciamiento en 2.5 cm más, es decir vigas con el primer estribo ubicado a 7.5 cm, tuvieron una resistencia al esfuerzo cortante de 4.53 toneladas, disminuyendo en 0.45 toneladas, representando un decremento de 9.04%; finalmente al aumentar el espaciamiento en 2.5 cm más, es decir vigas con el primer estribo ubicado a 10 cm desde la cara del apoyo, tuvieron una resistencia al esfuerzo cortante de 4.28 toneladas, disminuyendo 0.25 toneladas, representando un decremento de 5.51%.

IV. CONCLUSIONES

Los resultados del estudio confirman que la ubicación del primer estribo respecto al apoyo influye de manera significativa en la resistencia al esfuerzo cortante de las vigas de concreto armado. La reducción del espaciamiento del primer estribo de 5 cm a 2.5 cm incrementó la resistencia al corte en 0.54 toneladas (10.78 %), observándose además una disminución progresiva de la capacidad resistente a medida que aumenta la distancia del estribo al apoyo.

De manera específica, al comparar las configuraciones respecto al espaciamiento de 10 cm, se observó que la resistencia al esfuerzo cortante se incrementó en 6%, 16% y 29% para distancias de 7.5 cm, 5 cm y 2.5 cm respectivamente. Estos datos reafirman que el confinamiento temprano de las zonas críticas mediante estribos colocados cerca del apoyo mejora la respuesta estructural frente a sollicitaciones de corte.

Adicionalmente, se identificó que la reducción en el espaciamiento del primer estribo de 10 cm a 2.5 cm no solo incrementa la resistencia, sino también la capacidad de

deformación de la viga, alcanzando un aumento de hasta 57%. Esto indica un comportamiento más dúctil, lo cual es deseable en elementos estructurales, ya que proporciona mayor capacidad de absorción de energía antes de alcanzar la falla.

En función de los resultados obtenidos, se concluye que una distancia reducida del primer estribo al apoyo, específicamente de 2.5 cm, aumenta significativamente tanto la resistencia al esfuerzo cortante como la ductilidad de las vigas de concreto armado. Por tanto, se recomienda considerar este criterio en el diseño estructural, especialmente en zonas donde los elementos estén expuestos a altas sollicitaciones de corte, como son las fuerzas sísmicas.

REFERENCIAS

- [1] J. Herrera, "Influencia de la distancia del primer estribo en la resistencia al esfuerzo cortante de vigas de concreto armado", Tesis de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca, 2025.
- [2] J. Herrera, "Influencia de la reducción del ángulo de inclinación de los estribos en la resistencia al esfuerzo cortante de vigas de concreto armado", Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca, 2017.
- [3] Y. Tosauchi, A new layered shell model for reinforced concrete walls I. Bulletin of Earthquake Engineering, 22(4), 1234–1256., 2024.
- [4] P. Vasani, Ductility requirements for buildings. Structural Engineering Forum of India. 2019.
- [5] Ozyurt, M. Z., & Sancak, O. F. The effect of stirrup spacing and hook angle on RC cantilever beams with iron chip waste. Emerging Materials Research, 11(1), 103., 2022.
- [6] Shatarat, N., Katkhuda, H., & Alqam, Experimental investigation of reinforced concrete beams with spiral reinforcement in shear. Construction and Building Materials, 125, 585-594, 2022.