



**UNIVERSIDAD TÉCNICA AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA:**

---

**“ ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CONECTORES DE CORTE EN LA  
UNIÓN LOSA DECK – VIGA ACERO”**

---

**AUTOR:** Esteban Gregorio Alava Apráez

**TUTOR:** ING. MG. Carlos Patricio Navarro Peñaherrera

**AMBATO - ECUADOR**

**Marzo – 2021**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, con el tema: “**ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CONECTORES DE CORTE EN LA UNIÓN LOSA DECK – VIGA ACERO**”, elaborado por el Sr. **Esteban Gregorio Alava Apráez**, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 180348962-2, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Trabajo Experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Marzo 2021

---

**Ing. Mg. Carlos Patricio Navarro Peñaherrera**

**TUTOR**

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

Yo, **Esteban Gregorio Alava Apráez** con C.I. 180348962-2, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema **“ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CONECTORES DE CORTE EN LA UNIÓN LOSA DECK – VIGA ACERO”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Marzo 2021



---

**Esteban Gregorio Alava Apráez**

**C.I: 180348962-2**

**AUTOR**

## **DERECHOS DEL AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Marzo 2021



---

**Esteban Gregorio Alava Apráez**

**C.I: 180348962-2**

**AUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Esteban Gregorio Alava Apráez de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CONECTORES DE CORTE EN LA UNIÓN LOSA DECK – VIGA ACERO”**.

Ambato, Marzo 2021

Para constancia firman:

-----  
**Ing. Mg. Jorge Javier Guevara Robalino**

**Miembro Calificador**

-----  
**Ing. Mg. Diego Sebastián Cherez Gavilanes**

**Miembro Calificador**

## DEDICATORIA

*Dedicado primero a Dios quien supo guiarme por el buen camino, me brindo la sabiduría y paciencia para continuar esta ardua carrera, y por enseñarme que nada es imposible cuando está a mi lado.*

*A mi madre Judith Apráez por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a usted entre los que incluye este. Me formó con reglas, valores y muchas fuerzas los cuales me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos y metas; finalmente siempre me enseñó a buscar la excelencia y nunca conformarme con lo mediocre.*

*A mi hermano Juan Alava, por siempre empujarme más allá cuando yo pensaba que no podía ir más; por nunca dejarme solo cuando necesitaba con quien llorar o cuando necesitaba con quien reír.*

*A mi segunda madre Susana Apráez, por ser el ejemplo que desde niño me empujo a seguir adelante con los estudios y ser siempre correcto en las cosas de la vida; por apoyarme sin querer nada más que amor a cambio y verme con mi título en mano.*

*Por ultimo le dedico esto a toda mi familia que me apoyo y confió en mí y me empujo a terminar la carrera y ser un buen profesional.*

***Esteban Alava***

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a la Universidad Técnica de Ambato y la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica y a su personal docente y administrativo por conceder sus conocimientos de la mejor manera y ayudarme a convertirme en lo que soy ahora en este mundo de la Ingeniería.*

*Agradezco a mi tío Xavier Ballesteros L. y a mi primo Andres Ballesteros A. quienes me impartieron sus conocimientos fuera del contorno de la Universidad ya en un campo profesional y enseñarme a sobre salir de la mejor manera ante los problemas que se pueden presentar en un ámbito ya practico y profesional; y aun cuando las circunstancias estuvieran fuertes no dejarme solo.*

*Agradezco a todos mis profesores que aun que eran estrictos con nosotros nos enseñaron a no rendirnos y buscar la manera de sobresalir con los retos planteados; por reírse conmigo cuando hacia una broma en vez de enojarse y por siempre tenerme paciencia.*

*Finalmente Agradezco a todos mis amigos y compañeros quienes me dieron su apoyo cuando estaba por derrumbarme, y por ser mis compañeros de lucha en las aulas.*

***Esteban Alava***

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>iii</b>
<b>DERECHOS DEL AUTOR</b> .....	<b>iv</b>
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO</b> .....	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b> .....	<b>xii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xvi</b>
<b>CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
1.2.1.    Objetivo General.....	5
1.2.2.    Objetivos Específicos.....	6
<b>1.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	<b>7</b>
1.3.1.    LOSAS COMPUESTAS.....	7
1.3.2.    VENTAJAS DEL SISTEMA DE LOSAS DECK.....	8
1.3.3.    REFERENCIAS ESTÁNDARES Y DOCUMENTACIÓN.....	9
1.3.4.    FUNCIONES DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE LOSAS DECK.....	9
1.3.5.    TRABAJO COMO SECCIÓN COMPUESTA:.....	10
1.3.6.    CONECTORES DE CORTE:.....	11
1.3.7.    TIPOS DE CONECTORES DE CORTANTE.....	14
1.3.7.1.    CONECTOR DE CORTANTE TIPO ESPIGO “STUD”.....	14
1.3.7.2.    CONECTOR DE CORTANTE TIPO CANAL.....	14
1.3.7.3.    CONECTOR DE CORTANTE TIPO VARILLA.....	15
1.3.7.4.    CONECTOR DE CORTANTE TIPO TORNILLO.....	16



1.3.8.	BASE PARA EL DISEÑO DE CONECTORES .....	18
1.3.8.1.	UBICACIÓN DE CONECTORES.....	19
1.3.8.2.	ENSAYO A FLEXIÓN .....	22
1.3.8.3.	AMERICAN SOCIETY TESTING OF MATERIAL (ASTM) C 78	28
<b>CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.....</b>		<b>33</b>
<b>2.1.</b>	<b>MATERIALES .....</b>	<b>33</b>
<b>2.2.</b>	<b>MÉTODOS.....</b>	<b>33</b>
2.2.1.	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	34
2.2.1.1.	INVESTIGACIÓN APLICADA .....	34
2.2.1.2.	INVESTIGACIÓN- LABORATORIO .....	35
2.2.1.3.	INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL.....	35
2.2.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	36
2.2.3.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	36
2.2.3.1.	Variable Independiente .....	36
2.2.3.2.	Variable Dependiente .....	36
<b>2.3.</b>	<b>PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....</b>	<b>37</b>
<b>2.4.</b>	<b>PLAN DE PROCEDIMIENTO .....</b>	<b>37</b>
2.4.1.	Módulo de rotura.....	38
2.4.2.	Cálculo del módulo de rotura: .....	39
2.4.3.	Carga:.....	39
<b>CAPÍTULO III.- RESULTADOS DISCUSIÓN .....</b>		<b>41</b>
<b>3.1.</b>	<b>Recolección de resultados .....</b>	<b>41</b>
3.1.1.	Análisis Matemático del prototipo.....	41
3.1.2.	Elaboración de prototipos .....	42
<b>3.2.</b>	<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
3.2.1.	Ensayo Losa #1 (tipo varilla).....	53
3.2.2.	Ensayo Losa #2 (tipo varilla).....	55
3.2.3.	Ensayo Losa #3 (tipo tornillo) .....	57
3.2.4.	Ensayo Losa #4 (tipo tornillo) .....	60
3.2.5.	Ensayo Losa #5 (tipo stud).....	62
3.2.6.	Ensayo Losa #6 (tipo stud).....	64

3.2.7. Ensayo Losa #7 (tipo canal).....	66
3.2.8. Ensayo Losa #8 (tipo canal).....	68
<b>3.3. Cálculo del momento resistente en el ensayo .....</b>	<b>70</b>
<b>CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>72</b>
<b>4.1. Conclusiones .....</b>	<b>72</b>
<b>4.2. Recomendaciones .....</b>	<b>73</b>
<b>MATERIALES DE REFERENCIA .....</b>	<b>75</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>78</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Momento Resistente de la Sección .....	4
<b>Tabla 2.</b> Materiales .....	33
<b>Tabla 3</b> Momento de ensayo de determinación de esfuerzo .....	71

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Curvas típicas de carga - deslizamiento.....	1
<b>Gráfico 2.</b> Detalle de colocación del conector de corte tipo Canal.....	2
<b>Gráfico 3.</b> Ejemplos de losas utilizadas.....	3
<b>Gráfico 4.</b> Ejemplo de Comparación de deformaciones.....	3
<b>Gráfico 5.</b> Geometría de la Lámina de Acero (Novalosa).....	7
<b>Gráfico 6.</b> Datos y Medidas de Elementos de Losa Compuesta.....	8
<b>Gráfico 7.</b> Sistema de Losa Compuesta.....	11
<b>Gráfico 8.</b> Forma de conectores - Diseño de la superestructura de sección compuesta.....	12
<b>Gráfico 9.</b> Conector de Corte tipo espigo (stud). .....	14
<b>Gráfico 10.</b> Conector de cortante tipo Canal.....	15
<b>Gráfico 11.</b> Conector de cortante tipo Varilla.....	16
<b>Gráfico 12.</b> Conector de cortante tipo Varilla.....	17
<b>Gráfico 13.</b> Pestaña agregada a la placa colaborante.....	20
<b>Gráfico 14.</b> Probabilidades de ubicación de los conectores de corte.....	20
<b>Gráfico 15.</b> Dirección del flujo de corte.....	21
<b>Gráfico 16.</b> Combinación de solicitaciones.....	21
<b>Gráfico 17.</b> Probetas empleadas por Hurtado y Molina.....	22
<b>Gráfico 18.</b> Dimensiones de probetas empleadas por Hurtado y Molina.....	23
<b>Gráfico 19.</b> Proporción de la fuerza cortante.....	24
<b>Gráfico 20.</b> Fallas en el hormigón.....	25
<b>Gráfico 21.</b> Fallas en hormigón y acero.....	26
<b>Gráfico 22.</b> Resultados Hurtado y Molina.....	27
<b>Gráfico 23.</b> Gráfica de resultados.....	28
<b>Gráfico 24.</b> Resistencia de Vigas de Acero.....	30
<b>Gráfico 25</b> Viga metálica tipo “I”.....	43
<b>Gráfico 26</b> Corte de la Viga metálica tipo “I”.....	44
<b>Gráfico 27</b> corte de las planchas de acero.....	44
<b>Gráfico 28</b> Adaptación según el tipo.....	45
<b>Gráfico 29</b> Malla electrosoldada.....	46

<b>Gráfico 30</b> llenado de cilindros 1 .....	47
<b>Gráfico 31</b> llenado de cilindros 2 .....	47
<b>Gráfico 32</b> llenado de cilindros 3 .....	48
<b>Gráfico 33</b> Encofrado .....	49
<b>Gráfico 34</b> Vertido de hormigón en cada uno de los tipos para el ensayo .....	50
<b>Gráfico 37</b> Colocación de la malla electrosoldada.....	50
<b>Gráfico 36</b> encofrado de la losa.....	51
<b>Gráfico 37</b> Curado .....	52
<b>Gráfico 38</b> Traslado.....	53
<b>Gráfico 39</b> Sistema de Reacción .....	53
<b>Gráfico 40</b> Ensayo Losa #1. ....	54
<b>Gráfico 41</b> Pérdida de adherencia .....	55
<b>Gráfico 42</b> desplazamiento ensayo #1 .....	55
<b>Gráfico 43</b> Ensayo Losa #2. ....	56
<b>Gráfico 44</b> Pérdida de adherencia .....	57
<b>Gráfico 45</b> desplazamiento ensayo #2.....	57
<b>Gráfico 46</b> Ensayo Losa #3. ....	58
<b>Gráfico 47</b> Pérdida de adherencia .....	59
<b>Gráfico 48</b> desplazamiento ensayo #3.....	59
<b>Gráfico 49</b> Ensayo Losa #4. ....	60
<b>Gráfico 50</b> Pérdida de adherencia .....	61
<b>Gráfico 51</b> desplazamiento ensayo #4.....	61
<b>Gráfico 52</b> Ensayo Losa #5 .....	62
<b>Gráfico 53</b> Pérdida de adherencia .....	63
<b>Gráfico 54</b> desplazamiento ensayo #5.....	64
<b>Gráfico 55</b> Ensayo Losa #6 .....	64
<b>Gráfico 56</b> Pérdida de adherencia .....	65
<b>Gráfico 57</b> desplazamiento ensayo #6.....	66
<b>Gráfico 58</b> Ensayo Losa #7 .....	66
<b>Gráfico 59</b> Pérdida de adherencia .....	67
<b>Gráfico 60</b> desplazamiento ensayo #7.....	68
<b>Gráfico 61</b> Ensayo Losa #8 .....	68
<b>Gráfico 62</b> Pérdida de adherencia .....	69

<b>Gráfico 63</b> desplazamiento ensayo #8.....	70
<b>Gráfico 64</b> Diagrama de corte y momento del prototipo .....	70

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación se desarrolló mediante el uso de distintos tipos de conectores de cortante los mismos que fueron seleccionados por las características que poseen, la capacidad de esfuerzo y debido al uso dentro de la ejecución de obras. Los seleccionados para el desarrollo del trabajo de investigación fueron de tipo varilla, de tipo tornillo, de tipo stud y de tipo canal, los cuales son aplicados para propósitos como el de impedir el deslizamiento horizontal o separaciones verticales entre la viga y la losa. Estas muestras fueron realizadas siguiendo las normas AISC y ACI.

Las muestras tomadas fueron por la distribución de prototipos acorde a un determinado número y espacio donde los conectores de cortante presentan sus características a los ensayos requeridos con el fin de analizar la influencia de los conectores de corte en la unión viga metálica y losa deck. Al realizar el ensayo en la máquina de compresión universal se determinó que las primeras fallas se presentan con regularidad en los apoyos y puntos de flexión de la viga. Las fisuras se presentaron en los bordes de los prototipos, por la concentración de fuerza en el centro del prototipo.

## **ABSTRACT**

The present research work was developed through the use of different types of cutting connectors the same ones that were selected by the characteristics they possess, the capacity of effort and due to the use within the execution of works. The ones selected for the development of the research work were rod type, screw type, stud type and channel type, which are applied for purposes such as preventing horizontal sliding or vertical separations between the beam and steel. These samples were made following the AISC and ACI standards.

The samples taken were by the distribution of prototypes according to a certain number and space where the shear connectors present their characteristics to the required tests in order to analyze the influence of the shear connectors on the union of the metal beam and deck slab. When conducting the test in the universal compression machine, it was determined that the first failures appear regularly in the supports and bending points of the beam. The fissures appeared on the edges of the prototypes, due to the concentration of force in the center of the prototype.

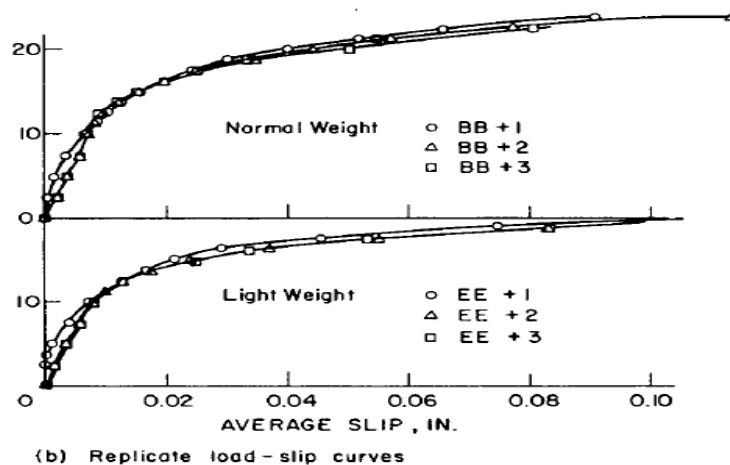


# CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

## 1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En los años anteriores se han hecho varias investigaciones sobre los conectores de cortante, de varios tipos de conectores, pero los que durante los años han sobresalido son los conectores tipo Stud. Una investigación realizada por (Ollgaard, Jorgen Et al., 1971) cuyo propósito era determinar la resistencia y el comportamiento de los conectores stud incrustados en hormigones de peso normal y livianos para poder hacer recomendaciones de diseño, cuarenta y ocho especímenes fueron ensayados durante esta investigación. Como conclusiones de dicho estudio se puede referir que las muestras de expulsión con una o dos filas de postes por losa exhibieron la misma resistencia promedio por perno. La resistencia al corte fue aproximadamente proporcional al área de la sección transversal de los espárragos. La relación carga-deslizamiento para la carga continua se puede expresar como:  $Q = Qu(1 - e^{-1.8\Delta})^{2/5}$  donde Q es la carga y  $\Delta$  es el deslizamiento en pulgadas [1]. En la Fig. 1 se comprueba que el comportamiento de ambos tipos de hormigones es casi igual para cada grupo de especímenes.

**Gráfico 1.** Curvas típicas de carga - deslizamiento

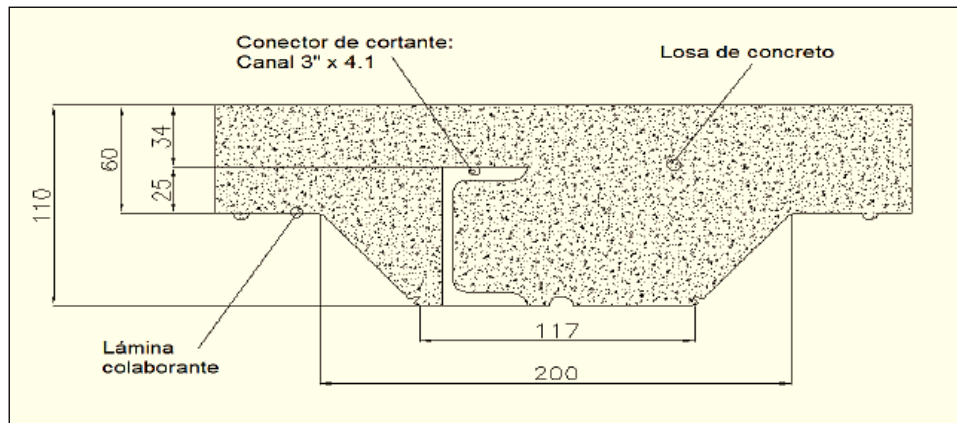


**Fuente:** Ollgaard Jorgen [1]

En una investigación realizada por Huertas, Juan (2013) sobre los conectores de corte tipo canal utilizando una sección compuesta. El objetivo que se quería cumplir era

encontrar formulaciones que expresan el comportamiento de los conectores tipo canal usando vigas de acero y losa de concreto. Para esta investigación se realizaron treinta y seis ensayos (push-out) y tres ensayos de flexión y se utilizó un modelo constante de canal.

**Gráfico 2.** Detalle de colocación del conector de corte tipo Canal



**Fuente:** Ing. Juan Carlos Huertas Muñoz [2]

Como conclusión relevante de dicho se establece que la resistencia del conector es correspondiente a su longitud y así mismo es más eficiente la cantidad de conectores que se utilizaron en el ensayo que la longitud del conector. La fórmula que más se aproxima al diseño de conectores tipo canal es: [2]

$$q_n = (22.8\sqrt{f'_c} + 0.027)(0.919e^{0.0016L}) * R$$

Donde:

$q_n$ = Resistencia de conector

$f'_c$ = Resistencia del hormigón

$L$ = Longitud del conector de cortante

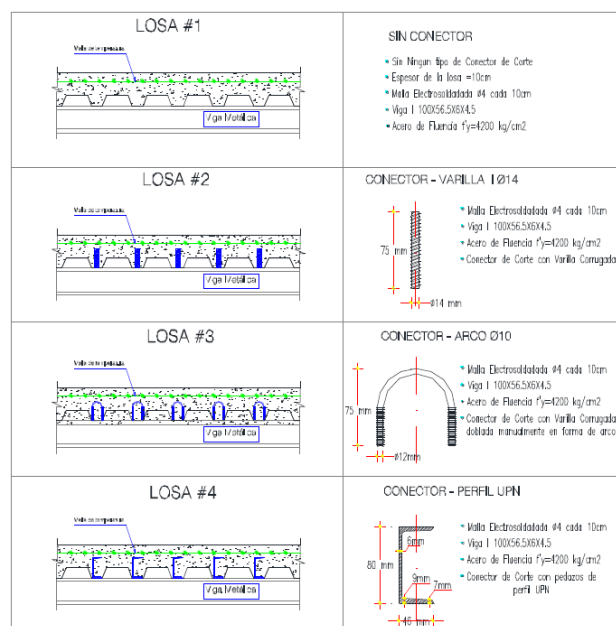
$R = 0.53$ , para conector de cortante tipo canal de 50 mm de longitud.

$R = 0.47$ , para conector de cortante tipo canal de 70 mm de longitud.

$R = 0.43$ , para conector de cortante tipo canal de 90 mm de longitud.

En nuestro país se ha empezado a investigar más sobre este tipo de sistemas ya que en el país en los últimos años se ha visto en aumento el uso de estas estructuras que fueron adoptados pocos años atrás. Un ejemplo de esto es que se ha hecho una investigación de los conectores de cortante en las losas tipo deck siendo esta una investigación experimental, el cual fue realizado en la Escuela Politécnica Nacional por (Galán Paul, Jaramillo David). En la gráfica 3 se puede observar que tipos de conectores de cortante se utilizó en la investigación.

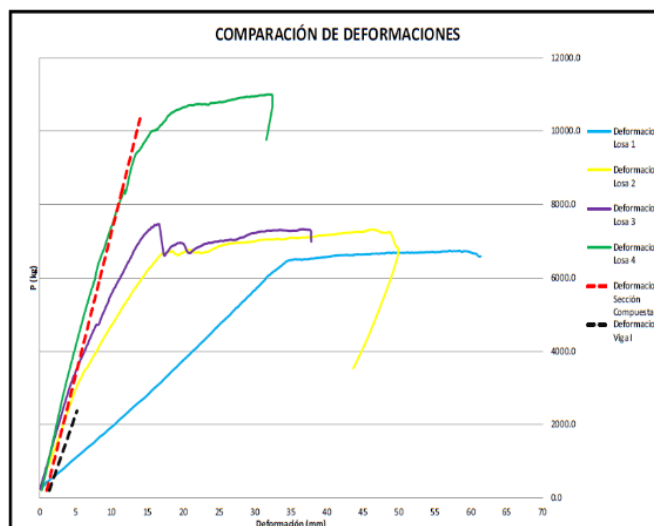
**Gráfico 3.** Ejemplos de losas utilizadas



**Fuente:** Paúl Galán y David Jaramillo [3]

El objetivo de esta investigación era obtener la información del comportamiento de las losas compuestas al utilizar diferentes muestras en las cuales implementaban diferentes tipos de conectores de cortante. Se creó 4 especímenes para este ensayo, los cuales constaban de 3 diferentes tipos de conectores y una losa que no contenía conectores de corte.

**Gráfico 4.** Ejemplo de Comparación de deformaciones



**Fuente:** Paúl Galán y David Jaramillo [3]

En el gráfico 4 se puede observar que las losas funcionan mejor cuando se utiliza conectores de cortante, además las losas 1 a la 3 no llegaron a la capacidad esperada como una sección compuesta y que la losa 4 que se utiliza un perfil canal UPN llegó a un comportamiento óptimo trabajando como un solo sistema y a su vez se observa que resistió cargas muy por encima de las aplicadas a las demás losas. Como resultado de dicha investigación se concluyó que la resistencia a flexión era mayor al tomar en cuenta los conectores de cortante, y la resistencia a flexión era menor tomando en cuenta los diferentes elementos por separado. [4]

De igual manera se realizó una investigación en la Universidad Técnica de Ambato, una investigación para analizar la influencia que tienen los conectores de cortante en la sección compuesta, en este caso la unión entre una viga de hormigón y una losa compuesta. El objetivo de este proyecto fue analizar de qué manera los conectores de cortante afectan a la resistencia de la sección compuesta.

Para esta investigación se realizaron diferentes muestras de las secciones compuestas y se usaron diferentes tipos de conectores de cortante para analizar su influencia en la resistencia de la sección compuesta bajo fuerzas de flexión. En la tabla 1 se indican los tipos de conectores y los resultados de la carga máxima en cada caso.

**Tabla 1.** Momento Resistente de la Sección

Muestra	Carga Máxima (Kg)	Momento Teórico (Kg*m)	Momento Experimental (Kg*m)
1 (4 Arco)	7285.71	2321	1876.071
2 (6 Arco)	10485.71	2321	2700.071
3 (4 Tornillo)	7114.29	2321	1831.929
4 (6 Tornillo)	7585.71	2321	1953.321
5 (4 Espigo)	7771.43	2321	2001.143
6 (6 Espigo)	9085.71	2321	2339.571
7 (Estribo)	14681.63	1636	3780.52

**Fuente:** Mercy Barroso [5]

De esta investigación se obtuvo como resultado que el desempeño de las secciones compuestas no depende únicamente del tipo de conector que se utilizó sino también de los espaciamientos entre los conectores y el número de conectores que se utilizan en las diferentes secciones. [5] En esta investigación se puede observar que el mejor comportamiento como losa compuesta fue al utilizar el conector de cortante tipo Estribo al soportar una carga máxima de 14681.63kg superando notablemente a los otros conectores.

Con las referencias anteriores procedo a realizar la investigación utilizando esos conocimientos para ampliar el estado del arte de la influencia de los conectores de corte en la union losa deck – viga acero y que los valores se acerquen más hacia lo real.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. Objetivo General

- Analizar la influencia de los conectores de corte en la unión viga metálica y losa deck.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Analizar el comportamiento de la losa compuesta unida a una viga metálica con conectores de corte.
- Estudiar el comportamiento de los distintos tipos de conectores de corte en la unión viga metálica – losa deck al ser sometido a los ensayos.
- Comparar los resultados obtenidos experimentalmente con los datos teóricos.
- Identificar la conexión más eficiente para la unión viga metálica – losa deck.

## 1.3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

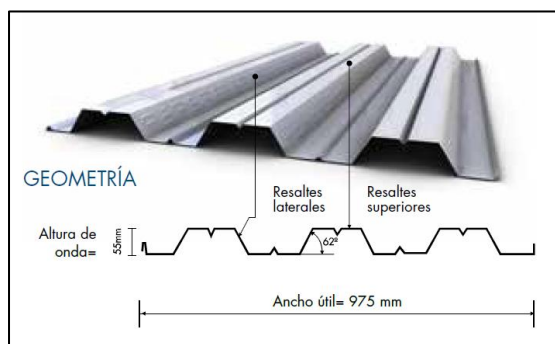
### 1.3.1. LOSAS COMPUESTAS

La losa compuesta es un sistema que viene compuesto por una plancha de acero preformada utilizando normas para ser diseñada adecuadamente para soportar el peso de la losa y también de las cargas adicionales que se calculan durante el proceso constructivo. Esta actúa como un refuerzo a momento positivo y a su vez descarta la exigencia de varillas inferiores, alivianamientos y encofrados.

Para llegar a una adecuada sección compuesta se debe formar una adherencia superficial entre la lámina deck y el hormigón que se vaya a utilizar por medios mecánicos mediante las prominencias laterales en la superficie de la lámina, rendijas y/o conectores de cortante.

La lamina que se va a utilizar es de tipo laminado en frio, el cual está diseñada para poder cumplir con las normas ANSI/ASCE 3-91, NTE-INEN 2397 y SDI, el acero que se utiliza para fabricar las láminas cumple con la norma ASTM A653 el cual tiene recubrimiento galvanizado G90 (Z275). Esta lámina posee un límite de fluencia mínima de 37 ksi (2600 kg/cm<sup>2</sup>) [6]

**Gráfico 5.** Geometría de la Lámina de Acero (Novalosa)

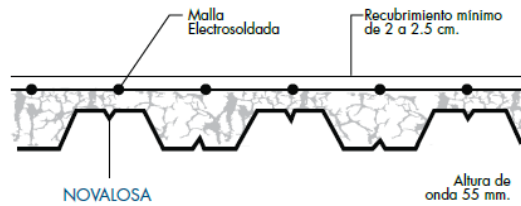


**Fuente:** Catálogo Novalosa – Novacero [6]

Para obtener una función óptima de la losa compuesta y para cumplir demandas de incendio y de control de vibración se recomienda tener una altura mínima de 5 cm sobre la cresta de la placa deck al momento de fundir la losa. En el caso que se vaya a utilizar la malla electrosoldada para contrarrestar los esfuerzos de temperatura y

retracción de fraguado, se debe colocar la malla entre 2 y 2.5 cm por debajo del nivel superior de la mezcla. [6]

**Gráfico 6.** Datos y Medidas de Elementos de Losa Compuesta



**Fuente:** Catálogo Novalosa - Novacero [6]

### 1.3.2. VENTAJAS DEL SISTEMA DE LOSAS DECK

Entre las ventajas que se obtienen al emplear este tipo de losas se postulan [3]:

- Maniobrabilidad de paneles.
- Fácil almacenamiento.
- Las planchas pueden ser cortadas con anticipación en las fábricas.
- Fácil movilización.
- Livianas.
- Costo similar a otro tipo de losas.



- Menos tiempo de instalación – ahorro de presupuesto.

### **1.3.3. REFERENCIAS ESTÁNDARES Y DOCUMENTACIÓN**

Los reglamentos aplicados en el presente proyecto de carácter experimental responden al cálculo de losas Deck y al ejecutado durante el proceso de investigación. A nivel nacional, este sistema constructivo toma en cuenta las tablas que aportan los productores del Panel Metálico, los cuales contribuyen con valores que determinan su instalación. Entre otras normativas que se podrían considerar, están las reglamentaciones norteamericanas indicadas por el SDI (Steel Deck Institute), ANSI (American Iron and Steel Institute), AISC (American Institute of Steel Construction), AWS (American Welding Society), y ACI (American Concrete Institute) [4].

### **1.3.4. FUNCIONES DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE LOSAS DECK**

Entre las funciones que cumplen los distintos elementos que componen al sistema de losas deck están [3]:

#### **Placa colaborante**

- Encofrado de hormigón (resiste cargas de servicio ante el hormigón fresco).
- Resiste la tracción de las fibras inferiores.
- Como plataforma para colocar otros elementos.

#### **Malla electrosoldada**

- Refuerzo por temperatura.
- Refuerzo estructural.

#### **Hormigón**

- Soporta la compresión de la losa.
- Resiste a cargas de prueba.

### **Conectores de corte**

- Mantienen trabajando a la sección compuesta en forma monolítica (al hormigón, la plancha metálica y la viga de acero como uno solo).
- Reducen las cargas horizontales del sistema.
- Mayor inercia.

### **Viga de acero**

- Soporta parte del peso de la losa deck.
- Trabajan a tracción.
- Transmiten las fuerzas a la columna.

### **Hormigón**

En el caso del hormigón se debe utilizar una mezcla de manera que cumpla con la norma (NEC 2015) para las construcciones sismo resistentes, siendo esta una resistencia mínima a la compresión  $f^c = 21 \text{ Mpa}$  ( $210 \text{ kg/cm}^2$ ). [7] Para asegurar que la losa compuesta trabaje eficientemente y no haya inconvenientes a un largo plazo se prohíbe el uso de aditivos o acelerantes que incluyan algún tipo de sales clorhídricas ya que al unirse con el acero de la placa deck podría ocasionar efectos corrosivos a la plancha de acero. Se debe asegurar de hacer el proceso de vibrado al concreto de manera correcta para certificar una adherencia mecánica entre el acero y el concreto. [8]

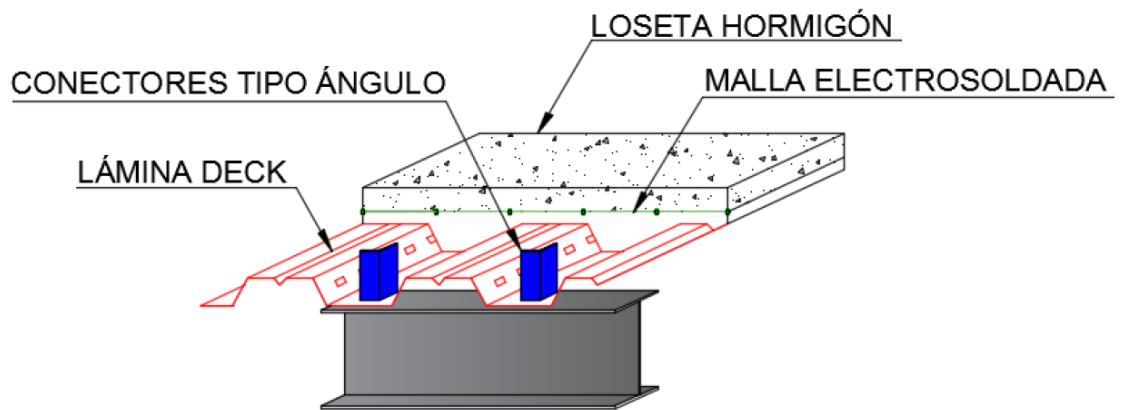
#### **1.3.5. TRABAJO COMO SECCIÓN COMPUESTA:**

La sección compuesta llega a trabajar correctamente al instante que el hormigón obtiene su resistencia máxima y trabaja monolíticamente con la placa colaborante. Para este análisis teórico se emplea la teoría de secciones transformadas donde se adquiere las propiedades de la sección compuesta.

Los motivos por los cuales en la construcción se prefiere utilizar las secciones compuestas que sean conformadas por vigas de acero y tablero de hormigón son:

- Es relativamente fácil la construcción
- Por motivos económicos es más accesible.
- Y principalmente para aprovechar que cada material trabaja de mejor manera bajo diferentes solicitaciones, es decir que el tablero de hormigón tiene mejor desempeño al recibir esfuerzos de compresión y a su vez las vigas de acero soportan de mejor manera los esfuerzos de tracción, y de esta manera se daría una estructura compuesta que funciona de mejor manera.

**Gráfico 7.** Sistema de Losa Compuesta



**Fuente:** Alvarez & Cházaro, [9]

La razón por la cual se utilizan las secciones compuestas es que resulta en una mayor área resistente a la compresión, esto admite que se pueda reducir el peralte de la viga y consecuentemente disminuir hasta un 20% en peso. Según el (AISC 360-10, 2010) fundamenta que el diámetro máximo del conector es de 19mm, y que no debe haber más que 3 conectores en el sentido transversal. [10]

### 1.3.6. CONECTORES DE CORTE:

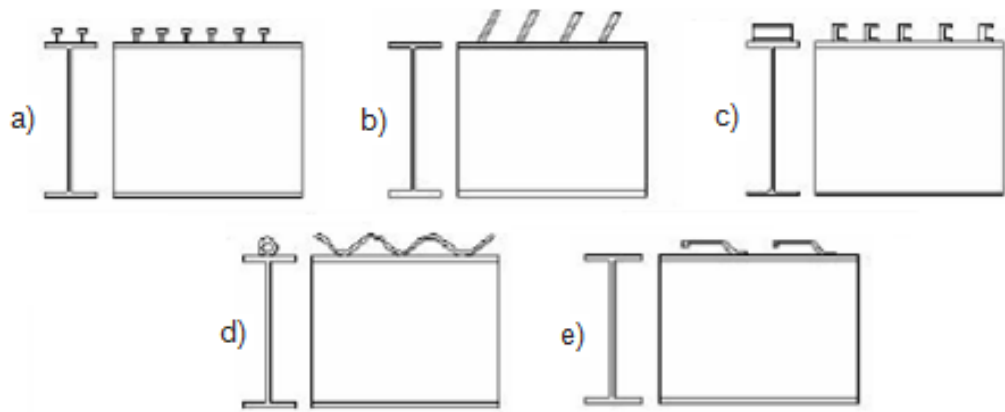
Los conectores de cortante son elementos principalmente de acero, que tiene como función principal el contrarrestar los esfuerzos de corte generados al utilizar una sección compuesta, es decir una lámina de acero – hormigón. Este elemento contrarresta y reduce las deformaciones y a su vez impide que se produzca una separación vertical entre la losa y la viga. [8]

Los conectores cortantes son colocados en la parte superior de las vigas metálicas para así poder cumplir diferentes funciones como:

- Disminuye los esfuerzos de corte horizontal que se pueden producir a causa de movimientos sísmicos.
- Mejoran significativamente la unión entre la losa y la viga y permiten que trabajen de forma conjunta, en sí produciendo una sección compuesta.
- Es de fácil colocación, así obteniendo resultados positivos en productividad y a su vez reduce los costos de mano de obra. [11]

Los conectores de corte pueden llegar a tener muchas formas, en años anteriores se utilizaban barras, espirales, ángulos, canales, etc., como conectores de corte. Pero en la actualidad los conectores más utilizados son los conectores tipo espigo (stud) por su facilidad de colocación.

**Gráfico 8.** Forma de conectores - Diseño de la superestructura de sección compuesta



**a) perno, b) placa inclinada, c) canal, d) espiral, e) ganchos**

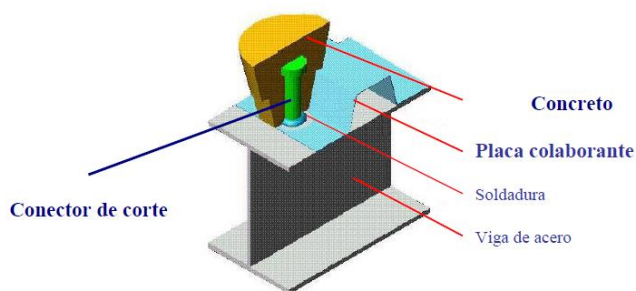
**Fuente:** Ayabaca & Ruales [12]

### 1.3.7. TIPOS DE CONECTORES DE CORTANTE

#### 1.3.7.1. CONECTOR DE CORTANTE TIPO ESPIGO “STUD”

Los conectores tipo espigo (stud) son en la actualidad los conectores más utilizados en la construcción.

**Gráfico 9.** Conector de Corte tipo espigo (stud).



**Fuente:** Manual Técnico – Acero Deck [13]

El esfuerzo nominal del conector  $Q_n$  viene entregado por la ecuación [14]:

$$Q_n = 0.5 * A_{sc} \sqrt{f'_c * E_c} \leq A_{sc} * F_u$$

Donde:

$Q_n$  = Esfuerzo nominal del conector.

$A_{sc}$  = Área de sección transversal del Espigo.

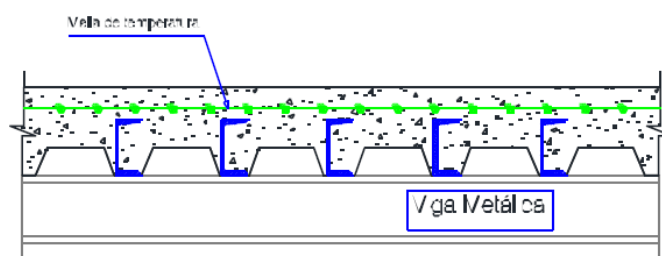
$F_u$  = Esfuerzo de fluencia del conector.

$E_c$  = Modulo de elasticidad del concreto.

#### 1.3.7.2. CONECTOR DE CORTANTE TIPO CANAL

Los conectores tipo Canal ha comenzado a ser utilizado alrededor del mundo y de la misma manera se ha comenzado a hacer estudios y experimentos para comprobar su eficacia y utilidad.

**Gráfico 10.** Conector de cortante tipo Canal



**Fuente:** Paul Galán & David Jaramillo [4]

La resistencia de estos conectores de corte viene dada por la ecuación:

$$Q_n = 0.3(t_f + 0.5t_w)l_c\sqrt{f'E_c}$$

Donde:

$Q_n$  = Resistencia nominal del conector

$l_c$  = Longitud del conector en canal, mm.

$t_f$  = Espesor de la aleta del conector, mm.

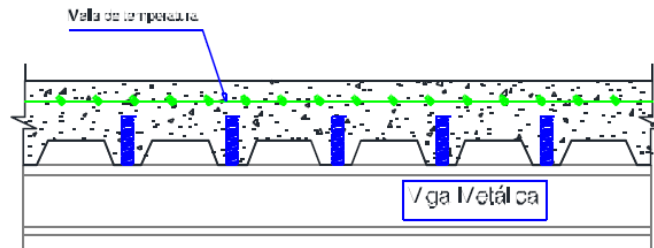
$t_w$  = Espesor del alma del conector, mm. [2]

### 1.3.7.3. CONECTOR DE CORTANTE TIPO VARILLA

Los conectores tipo varilla son muy útiles por la flexibilidad, la resistencia y la ductilidad por su comportamiento con el hormigón.

La corrugación de las varillas apoyan en la concentración de esfuerzos mientras actúa la fatiga, siendo estas aptas para ser utilizadas como conectores de cortante. Para esto se utiliza la siguiente formula:  $f = \frac{V*Q}{I}$

**Gráfico 11.** Conector de cortante tipo Varilla



**Fuente:** Paul Galán y David Jaramillo [3]

La relación de esfuerzo cortante entre la deformación unitaria por cortante ya obtenida el valor de flujo de corte anterior se ocupa la fórmula:  $G = \frac{E}{2(1+\mu)}$  [5]

Donde:

f = Flujo de corte

V =Cortante en el diagrama de momento

Q = Momento de inercia

E = Módulo de elasticidad

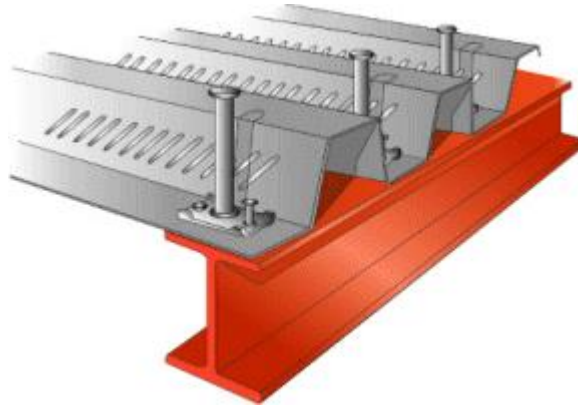
M = Relación de poisson

#### 1.3.7.4. CONECTOR DE CORTANTE TIPO TORNILLO

En los últimos años se han utilizado tornillos como conectores de cortante en secciones compuestas como sistemas de entrepiso [15].



**Gráfico 12.** Conector de cortante tipo Varilla



**Fuente:** Hurtado y Molina [15]

Para el estudio del comportamiento de este tipo de conectores en secciones compuestas con perfiles de alma llena se determinó la siguiente fórmula para la ponderar su carga máxima por corte de la forma [15]:

$$\sum Q_n = 0.9 \cdot \sqrt{f'_c \cdot E_c \cdot n \cdot \phi}$$

Donde:

$\sum Q_n$ : Capacidad resistente del grupo de conectores tipo tornillo [kN].

$f'_c$ : Resistencia a la compresión del concreto [MPa]

$E_c$ : Módulo de elasticidad del concreto [MPa]

$n$ : Número de conectores del sistema analizado

$\phi$ : Diámetro de los conectores [m]

Para calcular la proporcionalidad entre la carga de falla y la separación entre los tornillos [15]:

$$Q_{push-out} = 0.7 \cdot \sqrt{f'_c \cdot E_c \cdot S}$$

Donde:

Q push-out: Carga de falla de la probeta del ensayo de corte directo [kN]

f'c: Resistencia a la compresión del concreto [MPa]

Ec: Módulo de elasticidad del concreto [MPa]

S: Separación entre conectores [m]

Para ponderar la carga máxima por cortante en cada tornillo la ecuación [15]:

$$Q_n = A_{sc} \cdot \sqrt{E_c \cdot f'_c \cdot S} \leq A_{sc} \cdot F_u$$

Donde:

Qn: Capacidad resistente de un conector tipo tornillo [N]

A<sub>sc</sub>: Área nominal de un conector tipo tornillo [mm<sup>2</sup>]

f'c: Resistencia a la compresión mínima especificada del concreto [MPa]

Ec: Módulo de elasticidad del concreto [MPa]

S: Separación entre conectores [m]

Fu: Resistencia a tensión mínima especificada para los conectores de cortante tipo tornillo [MPa]

### 1.3.8. BASE PARA EL DISEÑO DE CONECTORES

El propósito de todo conector es minimizar los esfuerzos cortantes de la construcción, por ello hay que identificar las fuerzas horizontales, mismas que vislumbran el límite de diseño [16].

En este sentido se determinan tres modos de comportamiento:

- Fuerza a compresión del hormigón.
- Tracción y compresión de la viga metálica.
- Fuerza cortante que responde a la adición de todos los cortes conectores empleados.

Bajo lo mencionado se presentan dos posibilidades:

1. La estructura trabaja como acción compuesta. - la falla responderá a la compresión del hormigón o por tensión de la viga metálica.
2. La estructura trabaja como acción compuesta parcial. - la falla surgirá cuando se sobrepase la fuerza cortante.

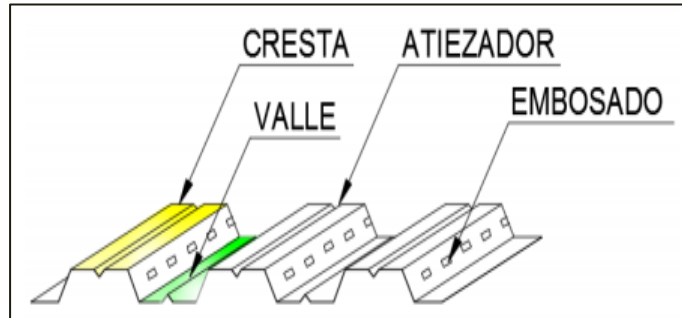
#### **1.3.8.1. UBICACIÓN DE CONECTORES**

Para la colocación de los conectores se consideran dos aspectos fundamentales [16]:

1. Su localización responderá a una de las alas de la viga de acero, para ello es necesaria la participación de un técnico supervisor.
2. Ubicar los conectores bajo una separación constante entre ellos, esto agiliza el proceso de trabajo del constructor.

Asimismo, se evidencia que la placa colaborante posee una pestaña con el fin de rigidizar el elemento para mejorar el desempeño mecánico:

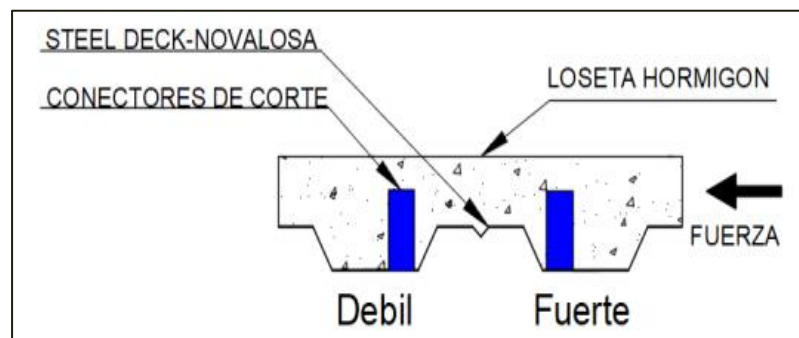
**Gráfico 13.** Pestaña agregada a la placa colaborante



**Fuente:** Navarro citado por Rogel y Tenorio [16].

Esto abre la posibilidad de colocar los conectores de corte de dos maneras; a la izquierda o a la derecha, esto responderá a la fuerza horizontal resultante.

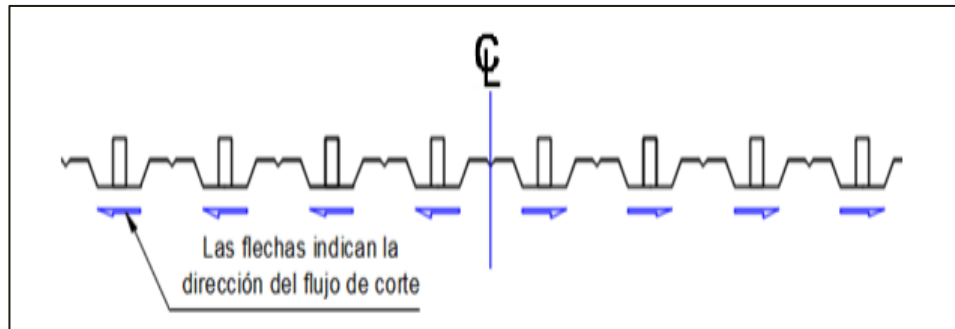
**Gráfico 14.** Probabilidades de ubicación de los conectores de corte



**Fuente:** Navarro citado por Rogel & Tenorio. [16]

Para conocer si el conector se ubicó en la zona débil o fuerte hay que aplicar un estudio matemático dentro del plan estructural. Si la viga se sujeta a la carga vertical el flujo del esfuerzo cortante se da desde el medio de la viga hacia afuera.

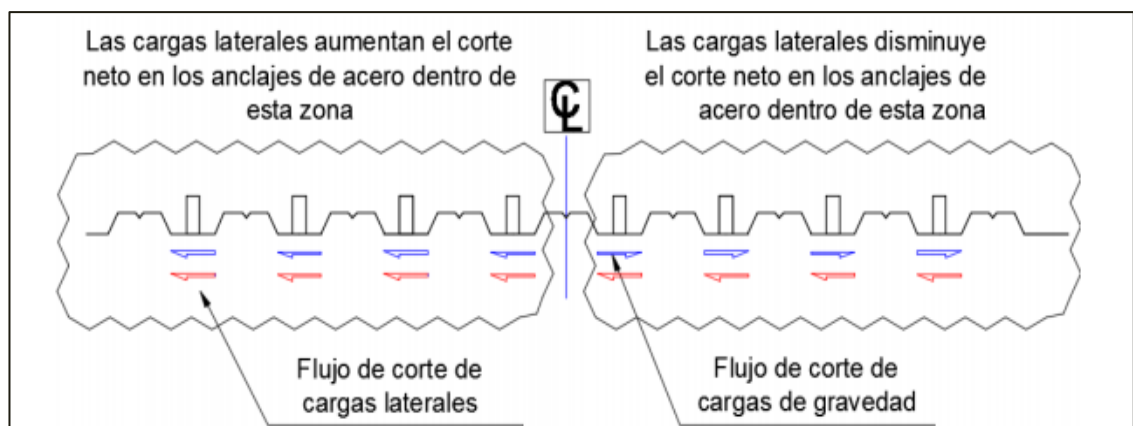
**Gráfico 15.** Dirección del flujo de corte



**Fuente:** Navarro citado por Rogel & Tenorio. [16]

Entre los factores que originan una carga horizontal están; el viento y los movimientos sísmicos, frente a lo cual el flujo de corte se ubicará en dirección del sentido de la carga horizontal. En el caso de sobre ponerse la carga horizontal con la vertical, en una mitad se reducirá y en la otra se aumentará el efecto de los esfuerzos constantes, cuya consecuencia es una ubicación fuerte de los conectores de corte.

**Gráfico 16.** Combinación de solicitaciones



**Fuente:** Navarro citado por Rogel & Tenorio. [16]

### **1.3.8.2. ENSAYO A FLEXIÓN**

El ensayo de flexión más cercano al presente estudio de carácter experimental es el desarrollado por Maritzabel Molina y Xavier Hurtado, ingenieros civiles de Colombia [17].

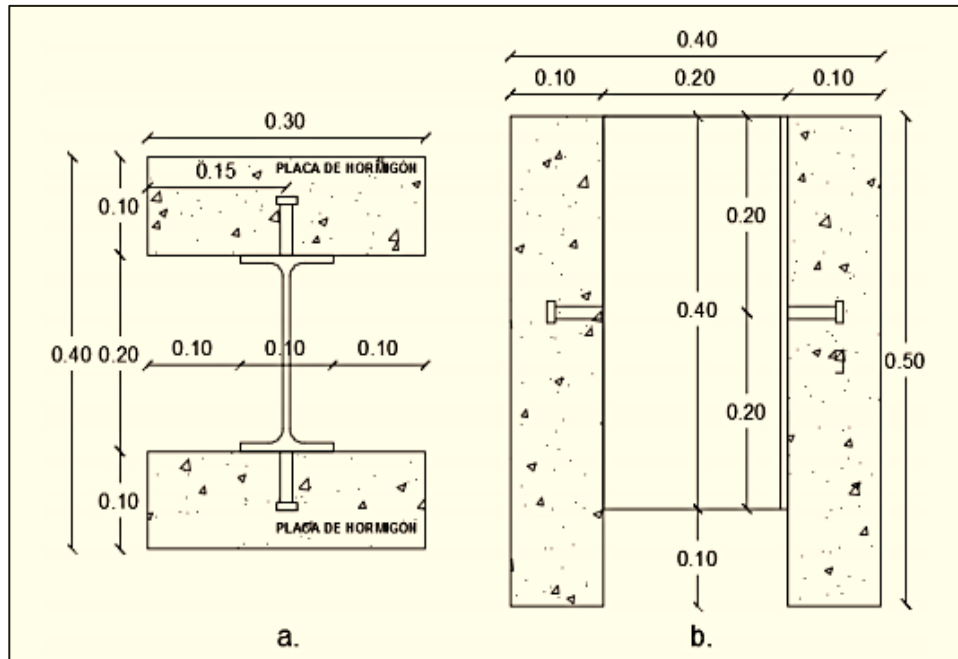
Para su estudio emplearon probetas con las siguientes características geométricas:

**Gráfico 17.** Probetas empleadas por Hurtado y Molina



**Fuente:** Hurtado & Molina [17]

**Gráfico 18.** Dimensiones de probetas empleadas por Hurtado y Molina



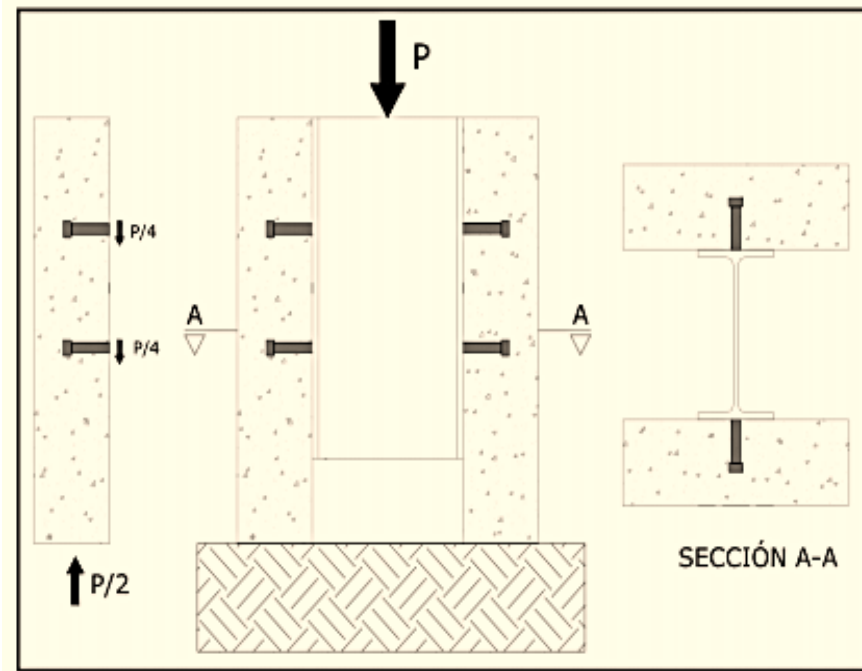
**Fuente:** Hurtado & Molina. [17]

Para la ejecución del ensayo, los investigadores emplearon una viga IP 200 la cual posee medidas 200 mm x 100 mm x 5,5 mm x 8,5 mm.

El ensayo push-out o de corte directo tiene su origen en 1956, donde el ingeniero Viest realizó la primera práctica de esta naturaleza. Ejecutó una carga axial en el perfil metálico de probetas hasta obtener fallas, lo cual hizo posible el aislamiento del efecto de corte directo de la siguiente manera [16]: (Xavier Hurtado, 2008)

**Gráfico 19.** Proporción de la fuerza cortante

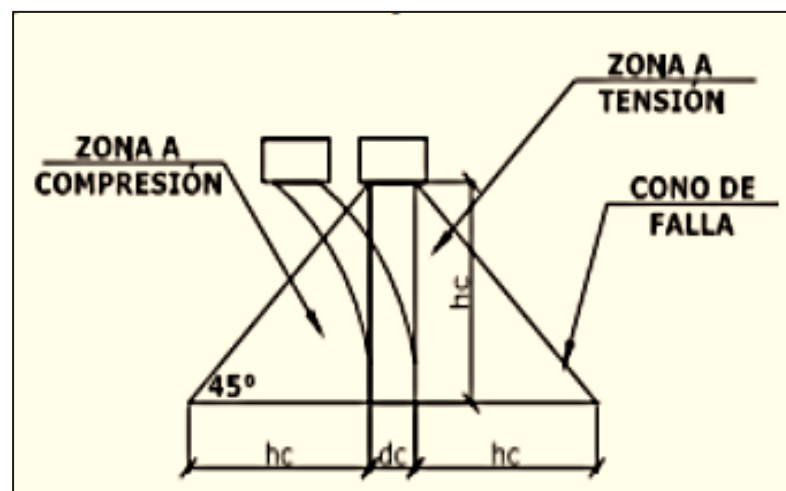




**Fuente:** Hurtado citado en Rogel & Tenorio. [16]

En lo concerniente a los resultados del ensayo de flexión de los autores citados se evidencia que existieron fallas en hormigón, el cual en su trabajo presentó compresión y tensión. Se denotó el aplastamiento del concreto y luego una ruptura relativa al conector, de la siguiente manera [16]:

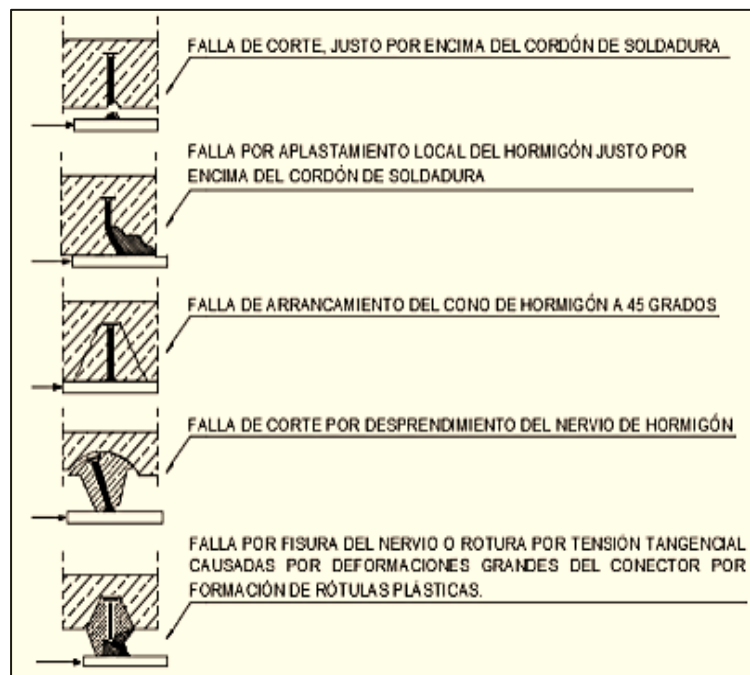
**Gráfico 20.** Fallas en el hormigón



**Fuente:** Hurtado citado en Rogel & Tenorio. [16]

Asimismo, se pueden desarrollar otras fallas en el hormigón o el acero ya sea de forma individual o combinados [16]:

**Gráfico 21.** Fallas en hormigón y acero.



**Fuente:** Eurocódigo 4 citado en Rogel & Tenorio. [16]

Es así que, al reflejar los resultados del ensayo de Hurtado y Molina se tabuló con base a información vinculada a la probeta, carga de falla, carga teórica del corte directo y la carga lineal [16]:

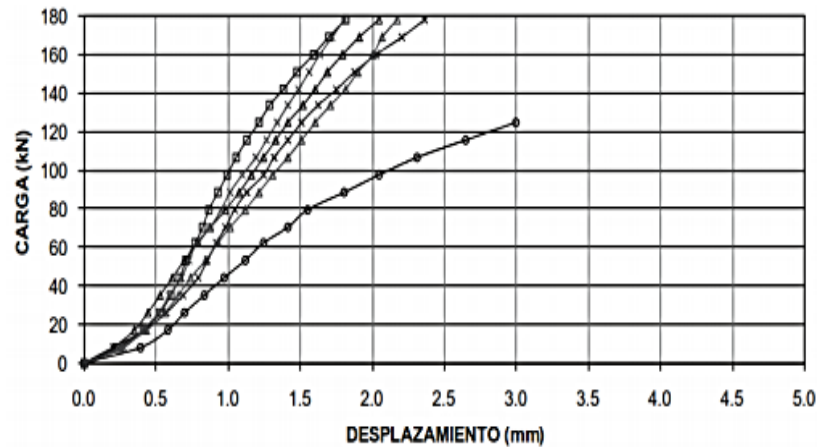
**Gráfico 22.** Resultados Hurtado y Molina.

MODELO	CARGA FALLA kN	TIPO DE FALLA	MODELO	CARGA FALLA kN	CARGA NSR-98 kN	CARGA LINEAL kN
M4-1-0	100.42	SOLDADURA	M4-1-0	100.42	61.52	55.0
M4-2-8	187.54	CONCRETO	M4-2-8	187.54	73.80	82.0
M4-2-12	150.16	SOLDADURA	M4-2-12	150.16	78.14	98.0
M4-2-14	180.38	CONCRETO	M4-2-14	180.38	80.31	76.0
M4-3-12	234.22	CONCRETO	M4-3-12	234.22	91.16	110.0
M4-3-14	243.73	CONCRETO	M4-3-14	243.73	95.50	130.0
M5-1-0	129.32	SOLDADURA	M5-1-0	129.32	65.12	68.0
M5-2-8	195.33	CONCRETO	M5-2-8	195.33	73.80	118.0
M5-2-12	234.97	CONCRETO	M5-2-12	234.97	78.14	170.0
M5-2-14	232.48	CONCRETO	M5-2-14	232.48	80.31	126.0
M5-3-12	248.11	CONCRETO	M5-3-12	248.11	91.16	180.0
M5-3-14	214.59	CONCRETO	M5-3-14	214.59	95.50	180.0
M6-1-0	178.59	SOLDADURA	M6-1-0	178.59	65.12	78.0
M6-2-8	253.38	CONCRETO	M6-2-8	253.38	73.80	178.0
M6-2-12	278.42	CONCRETO	M6-2-12	278.42	78.14	156.0
M6-2-14	232.96	CONCRETO	M6-2-14	232.96	80.31	178.0
M6-3-12	318.85	CONCRETO	M6-3-12	318.85	91.16	140.0
M6-3-14	334.24	CONCRETO	M6-3-14	334.24	95.50	178.0

**Fuente:** Hurtado citado en Rogel y Tenorio.

Posterior a ello se graficó el deslizamiento “mm” vs Carga “kN” para cada conector, para un diámetro de 5/8”:

**Gráfico 23.** Gráfica de resultados



**Fuente:** Hurtado citado en Rogel & Tenorio. [18]

### 1.3.8.3. AMERICAN SOCIETY TESTING OF MATERIAL (ASTM) C 78

#### Resistencia a la flexión de las vigas de Acero

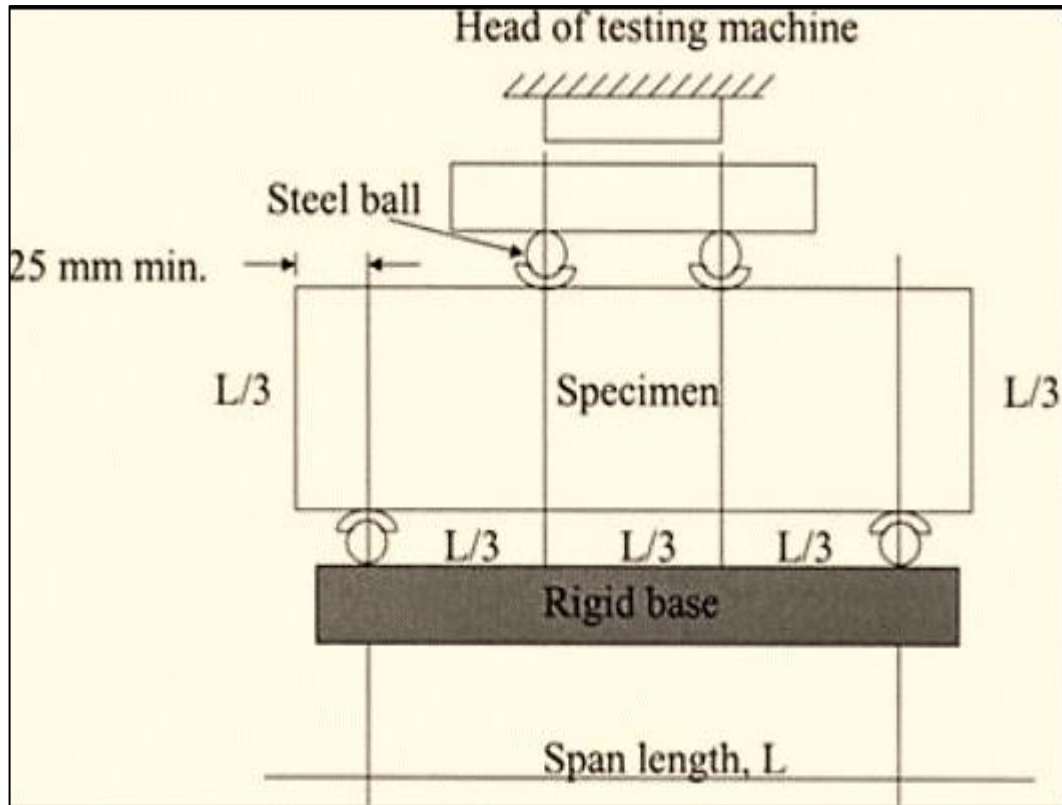
La resistencia tendrá variaciones porque las condiciones son cambiantes por ejemplo existirán condiciones de humedad, diferencias de tamaño entre especímenes de separación y preparación. En ensayos de resistencia en espécimen prismático (vigas), éstas deben colocarse de manera que la carga aplicada sea en una de sus caras laterales para que el ensayo se desarrolle inmediatamente después de retirarse del ambiente húmedo porque las superficies secas provocan menor resistencia a la aplicación de la carga. La carga debe estar entre 0.86 y 1.21 MPa/min para vigas de sección de 150 x 150 mm y con una separación entre apoyos igual a 450 mm, las cargas equivalen entre 6,45 y 9,08 o 0,11 y 0,15 Kn/seg [19]. Las probetas prismáticas o vigas usadas para determinar la resistencia a la tracción por flexión son comúnmente de sección transversal cuadrada de 150 mm de lado y una longitud de 500 mm. m. (ASTM C-78)

Cuando se utilice especímenes moldeados se debe girar el espécimen de ensayo con respecto a su posición moldeada y centrarlo en los bloques de soporte. En cuanto a los especímenes cortados se los debe colocar la cara de tensión correspondiente a la parte superior o inferior de cómo fue cortado del material original. Se debe poner los bloques de carga en contacto con la superficie del espécimen y aplicar en los tercios aplicando una carga entre 3 y 6 % de la última carga estimada. Usando medidores de espesor tipo hoja de (0.004 pulg) y 0.40 mm (0.015 pulg), determinar si cualquier vacío entre el espécimen y el aplicador de carga o los bloques soporte es más grande, esmerilar, encabezar o usar bandas de cuero sobre la superficie de contacto para eliminar cualquier vacío, las cintas de cuero deben ser uniformes y deben extenderse a través del ancho total del espécimen, considerando que los vacíos en exceso deben ser eliminados [19]

Generando un ensayo se debe colocar el espécimen uniformemente y sin sacudidas. La carga debe ser aplicada a una velocidad constante hasta el punto de ruptura, aplicando una carga a flexión en dos puntos ubicados simétricamente a lo largo de la superficie de la viga, hasta que al punto de rotura. Las cargas a flexión serán aplicadas en puntos de carga que tendrán un espaciamiento a un tercio del claro. Para el ensayo de flexión se utilizará el método de carga en los tercios, que consiste en marcar la viga del espécimen dividiendo a 450 mm de distancia entre apoyos, dejando una distancia desde el borde de la viga hasta el eje de soporte, de 75 mm y situar los bloques los que permitirán que la carga que se aplique sobre las vigas sea de forma perpendicular al espécimen. [20]

Para el ensayo de flexión se utilizará el método de carga en los tercios, que consiste en marcar la viga del espécimen dividiendo a 450 mm de distancia entre apoyos, dejando una distancia desde el borde de la viga hasta el eje de soporte, de 75 mm y situar los bloques los que permitirán que la carga que se aplique sobre las vigas sea de forma perpendicular al espécimen.

**Gráfico 24.** Resistencia de Vigas de Acero



**Fuente:** ASTM – C78. [20]

Según la norma el procedimiento a seguir es el siguiente:

- Registrar cuáles son las medidas que tienen las vigas.
- Señalar y establecer (marcar) la superficie de la viga en sus puntos tercios, es en este punto donde se colocarán los bloques de carga.
- De 3kg/s será la viga de carga, hasta que registre falla.
- Continuar con el ensayo una vez que se registre la carga marcada.

**Cálculos:**

1. Si la fórmula se inicia en la superficie de tensión dentro del tercio medio de la luz o en la longitud de separación entre apoyos. Cabe destacar que el peso de la viga no está contemplado en estos cálculos.

La fórmula utilizada para encontrar el módulo de la rótula es:

$$MR = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2}$$

En donde:

*MR = Módulo de rotura Mpa*

*P = Carga aplicada de Kn*

*L = Distancia existente entre los apoyos de la viga en mm*

*b = Ancho de la viga mm*

*d = Altura de la viga mm*

2. Si la fractura se encuentra en la sección de tensión fuera del tercio medio de luz o entre la separación de los apoyos por no más de 5% de la luz. No se incluye el peso de la viga.

La fórmula utilizada es:

$$MR = \frac{3 \cdot P \cdot a}{b \cdot d^2}$$

**En donde:**

*MR = Módulo de rotura Mpa*

$P =$  Carga máxima aplicada por la máquina de ensayo

$a$

= Distancia promedio entre el soporte más cercano de la superficie de tensión entre la viga y la línea de fractura

$b =$  Ancho de la viga o espécimen, mm

$d =$  Altura de la viga mm

3. Si la fractura se encuentra en la sección de tensión fuera del tercio medio de luz o entre la separación de los apoyos por más de 5% de la luz.  
En este caso se debe definitivamente eliminar el procedimiento



## CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

### 2.1. MATERIALES

Los materiales utilizados para este estudio, serán de dos tipos; los utilizados para el desarrollo del informe final de este estudio de investigación, es decir materiales de oficina y tecnología; a su vez también se utilizó os materiales para el estudio experimental.

**Tabla 2.** Materiales

<b>MATERIALES</b>	
<b>Materiales de Oficina</b>	<b>Materiales Tecnológicos</b>
Hojas	Impresora
Esferos	Computador
Fichas	

**Elaborado por:** El Autor

### 2.2. MÉTODOS

La metodología descrita a continuación será aplicada para dar cumplimiento a los objetivos propuestos anteriormente.

Se investigará los distintos tipos de conectores que se ha utilizado, los conectores que se van a utilizar para esta investigación son los conectores tipo espigo (stud) se asemejan a un perno pero sin rosca, tiene un vástago y una cabeza, tiene dimensiones normalizadas, conectores tipo canal el cual va soldada a la viga en una de las alas, conectores tipo varilla siendo esta corrugada donde se va a ver dos variaciones una que va a colocarse recta y otra que va a ser en forma de gancho.

Se analizará la teoría de diseño de los conectores de corte en caso de antes ser ensayado, para poder obtener los mejores resultados en cada tipo de conector.

Se procede a preparar el ensayo después de analizar cómo se va a utilizar los distintos conectores se definen las dimensiones de cada conector, como se va a colocar los conectores de corte y el número de ensayos o especímenes que se van a utilizar para esta investigación.

Se continúa elaborando las muestras con los diferentes conectores, se va a realizar 2 muestras por cada conector para poder comprobar los resultados de la manera más precisa y obtener datos más reales.

Ya elaboradas las muestras se inicia los ensayos los cuales van a estar de acuerdo con la norma ASTM C293. Se anotará los resultados, es decir la manera en la cual la muestra falla, la carga máxima que llegó a resistir cada muestra, y las deflexiones que tuvo cada muestra.

Se procederá a visualizar el mecanismo de falla de cada muestra, registrar donde se produjeron las fisuras y como se produjeron al igual de registrar si hubo una falla por deslizamiento o alguna otra falla.

Se va a comparar los resultados obtenidos con respecto a las deflexiones verticales, el análisis de compresión, y la resistencia de adherencia a cortante. Para esto se va a utilizar la norma ACI 318-14

Como conclusión se va a elegir cuál de los conectores ensayados son los más eficientes, que cumplan con los requisitos para poder ser utilizados en las diferentes construcciones que se presentan en la vida cotidiana.

## **2.2.1. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

### **2.2.1.1. INVESTIGACIÓN APLICADA**

“El énfasis del estudio está en la resolución práctica de problemas. Se centra específicamente en cómo se pueden llevar a la práctica las teorías generales. Su motivación va hacia la resolución de los problemas en un momento dado” [18].

El trabajo de titulación utiliza la investigación aplica porque tiene como fin establecer la influencia de los conectores de cortante en la transmisión de esfuerzos que proporciona la losa DECK así como un elemento estructural de soporte como es la viga compuesta hacia el elemento estructural de soporte tal como es la viga de acero.

### **2.2.1.2. INVESTIGACIÓN- LABORATORIO**

“La investigación de laboratorio parte de una premisa o hipótesis que da respuesta y/o describe determinados fenómenos. Mediante la experimentación, los investigadores manipulan las variables que se encuentran dentro de dicho fenómeno para así poder encontrar alguna relación entre estas” [18].

Se utiliza la investigación de laboratorio para poder obtener los resultados necesarios de los prototipos de unión de losa DECK y la viga de acero con los diferentes conectores de corte los cuales se ensayan en un laboratorio que tenga los equipos necesarios.

### **2.2.1.3. INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL**

La investigación experimental es cualquier investigación realizada mediante un proceso sistemático con un enfoque científico a la investigación donde un conjunto de variables puede ser manipulado y se miden como sujeto del experimento.

El presente estudio utiliza la investigación experimental porque es un estudio experimental de los conectores de corte y para eso se debe ejecutar ensayos a flexión con distintos conectores de corte, pero se hace énfasis en el corte en la unión de la losa DECK y la viga de acero.

## **2.2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

En el presente trabajo de investigación del estudio experimental no se tiene una población ni muestra definida de manera cuantitativa porque se estudiarán los modelos que existen en la unión de losa DECK y la viga de acero.

## **2.2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

### **2.2.3.1. Variable Independiente**

**Conectores de corte.** – Son los elementos de acero capaces de realizar esfuerzos de corte en una sección garantizando que se trabaje en una sola unidad.

#### **Indicadores**

- Tipo
- Resistencia

#### **Incógnitas**

¿Cuáles son los tipos de conectores de corte que garantizan el mejor trabajo?

¿Qué resistencia utiliza cada conector de corte?

#### **Instrumentos**

- Ensayos de laboratorio
- Análisis de comparación de resultados

### **2.2.3.2. Variable Dependiente**

**Comportamiento en la unión losa DECK y viga acero.** – La unión de la losa DECK y la viga de acero tienen un comportamiento relacionado con las unidades estructurales.

#### **Indicadores**

- Losa DECK
- Viga de acero

### **Incógnitas**

¿Qué función cumple la losa DECK?

¿Qué calidad tiene al aplicar la losa DECK?

¿Cómo influye la viga de acero en esta sección?

### **Instrumentos**

- Ensayos de laboratorio
- Análisis de comparación de resultados
- Normas INEN y ASTM

## **2.3.PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

El plan de recolección de información permite establecer la razón del porque se aplican las preguntas.

¿**Para qué?** - Para analizar la relación y la influencia entre las dos variables

¿**Dónde?** - Para saber dónde se va a realizar los ensayos

¿**Como?** - para establecer mediante que se llegara al resultado en este caso con ensayos de laboratorio e investigaciones relacionadas.

## **2.4.PLAN DE PROCEDIMIENTO**

Los ensayos de flexión de especímenes deben realizarse inmediatamente después de sacarlos de su lugar húmedo, si la superficie se encuentra seca reduce la resistencia a la flexión. Cuando se trata de especímenes moldeados deben ser girados a la posición de moldeado y aquí centrarlo en los bloques de soporte. En especímenes aserrados la posición en que deben ubicarse es en la cara de tensión que corresponda a la superficie

del espécimen como se cortó del material, deberán centrar el sistema de carga con respecto a la fuerza aplicada y colocar los bloques de aplicación de carga de contacto en el tercio y medio de la superficie del espécimen la última carga está entre el 3 y 6%.

Deberán determinar si alguna hendidura entre el espécimen y la carga aplicada es mayor o menor a los medidores de espesor de 0.004 plg (0.10 mm) y 0.015 plg (0.38 mm), sobre una longitud de 1 plg (25 mm) o más. El siguiente paso a seguir es pulir o cabecear con empaques de neopreno usando empaques de neopreno con el fin de eliminar hendiduras excesivas cuyo es 0,004 plg (0,10mm). Los empaques serán de espesor uniforme ¼ plg. (6.4 mm) y tendrán o de 1 a 2 plg. (25 a 50 mm) de ancho completo de la viga. Las hendiduras mayores de 0.015 plg (0.38 mm) deberán ser eliminadas exclusivamente por cabeceado o pulido, considerando las superficies laterales para no cambiar las características físicas del espécimen.

Posteriormente se debe cargar el espécimen sin golpe y continuamente cuya carga será aplicada a una razón constante hasta el punto de rotura. Aplicar a la carga una razón que incrementelos esfuerzos en la fibra extrema entre 125 y 175 psi/min (0.86 y 1.21 MPa/min), hasta que ocurra la fractura.

Para calcular la razón de la carga se utiliza la siguiente ecuación

$$r = \frac{Sdb^2}{L}$$

$r$  = razón de carga, lb/ min(MN/min)

$S$  = razón de incremento de esfuerzos psi/min (MPa/min)

$b$  = ancho promedio del espécimen, plg (mm)

$d$  = altura promedio del espécimen, plg(mm)

$L$  = longitud entre apoyos, plg (mm)

#### **2.4.1. Módulo de rotura**

Según Bast (2017) [21] el módulo de rotura se refiere a un ensayo de flexión de tres puntos en materiales como el hormigón, se basa en el esfuerzo máximo en la rotura de la fibra su función es determinar y calcular el módulo de rotura que se presenta en materiales específicos proporcionando una perspectiva con respecto a la fuerza máxima que una sustancia puede soportar antes de romperse. En el ensayo de torsión en cambio se rige en el esfuerzo cortante máximo que se presenta entre la fibra externa de miembro circular en la falla.

#### **2.4.2. Cálculo del módulo de rotura:**

##### **Paso 1:**

Registra los datos de las pruebas tomando en cuenta la carga que tenía en el momento de la rotura, la profundidad, amplitud, distancia de la muestra. Traduce la carga de rotura a libras y todas las demás medidas a pulgadas.

##### **Paso 2:**

La carga de rotura se multiplica por tres y por la distancia entre los bordes de apoyo de la muestra.

##### **Paso 3:**

el promedio de la amplitud promedio es multiplicada por dos y por el cuadrado de la profundidad de la muestra.

**Paso 4:** Registra el valor del módulo de ruptura en libras por pulgada al dividir el primer número para segundo.

#### **2.4.3. Carga:**

Las fuerzas aplicadas a la viga serán perpendiculares a la cara del espécimen y aplicada sin excentricidad, para que esto se cumpla se debe aplicar bloques de soporte que aseguren los bloques.

Las separaciones especificadas de longitud y distancias constantes entre bloques de aplicación de carga y de soporte, con una variación de  $\pm 0.05$  plg. ( $\pm 1.3$  mm). La distancia horizontal entre el puesto de la distancia horizontal entre el punto de aplicación de la carga y la reacción del apoyo a la altura de la viga será  $1.0 \pm 0.03$ . un punto clave es que los dispositivos de carga y apoyos no deben exceder las 2,5" (64 mm) de altura medidos desde el centro al eje del pivote y deberá extenderse en la sección o más allá del ancho completo del espécimen.



## CAPÍTULO III.- RESULTADOS DISCUSIÓN

### 3.1. Recolección de resultados

#### 3.1.1. Análisis Matemático del prototipo

##### Cálculo del momento Resistente del Elemento Compuesto

Datos del prototipo:

$b_v = 8.2\text{cm}$	Base de Viga
$h_v = 16\text{ cm}$	Altura de Viga
$h_l = 11\text{cm}$	Altura de losa
$b_e = 50\text{cm}$	Ancho efectivo de losa
$A_{s1} = 20.10\text{ cm}^2$	Área de acero a compresión de la viga
$A_{s2} = 0.325\text{ cm}^2$	Área de acero de la placa colaborante
$f'_c = 240\text{ kg/cm}^2$	Resistencia a la compresión
$f_y = 4200\text{ kg/cm}^2$	Límite de fluencia del acero
$f_{y1} = 2812.23\text{ kg/cm}^2$	Límite de fluencia de la placa colaborante
$E_{s1} = 2.1\text{E}6\text{ kg/cm}^2$	Módulo de elasticidad del acero
$E_{s3} = 2070023.91\text{ kg/cm}^2$	Módulo de elasticidad de la placa colaborante
$E_c = 188643.19\text{ kg/cm}^2$	Módulo de elasticidad del hormigón

Cálculo de la tensión de la sección compuesta:

Acero:

$$T_1 = A_{s1} * f_y$$

$$T_1 = 20.10\text{ cm}^2 * 4200\text{kg/cm}^2 = \mathbf{84420\text{ kg}}$$

Placa colaborante:

$$T_2 = A_{s3} * f_y$$

$$T_3 = 0.325\text{ cm}^2 * 2812.23\text{kg/cm}^2 = \mathbf{913.97\text{ kg}}$$

Cálculo de la profundidad del eje neutro:

$$C = T$$

$$0.85 * f'c * a * be = As * fy$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * be}$$

$$a = \frac{85333.97 \text{ kg}}{0.85 * 240 \text{ kg/cm}^2 * 50 \text{ cm}}$$

$$a = 8.36 \text{ cm}$$

Calculo del momento nominal de la sección compuesta:

$$Mn = T1 * \left( ht - \frac{a}{2} \right) + T2 * \left( hl - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn = 84420 * \left( 27 - \frac{8.36}{2} \right) + 913.97 * \left( 11 - \frac{8.36}{2} \right)$$

$$Mn = 593270.68 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$\mathbf{Mn = 5.93 \text{ ton} - \text{m}}$$

$$Mu = \phi * Mn$$

$$\mathbf{Mu = 5.34 \text{ ton} - \text{m}}$$

### 3.1.2. Elaboración de prototipos

Se elaborará las vigas de acero con medidas usadas de forma común, para este ensayo se utilizará vigas IPE 160 como se observa en el grafico 25 este trabajo se lo ejecutará en un taller metal mecánico que cuente con mano de obra calificada para dar cumplimiento a los requisitos del proyecto para el ensayo.

**Gráfico 25** Viga metálica tipo “I”



**Fuente:** Investigación y desarrollo

Se procede a realizar la soldadura y corte respectivo de la viga para poder establecer las medidas exactas que se utilizara dentro del ensayo según grafica 26.

**Gráfico 26** Corte de la Viga metálica tipo “I”



**Fuente:** Investigación y desarrollo

Para poder continuar con la preparación del ensayo, se procede a realizar el corte de las planchas de acero deck, ya que de fabrica viene de 1 metro por 6 metros aproximadamente de largo.

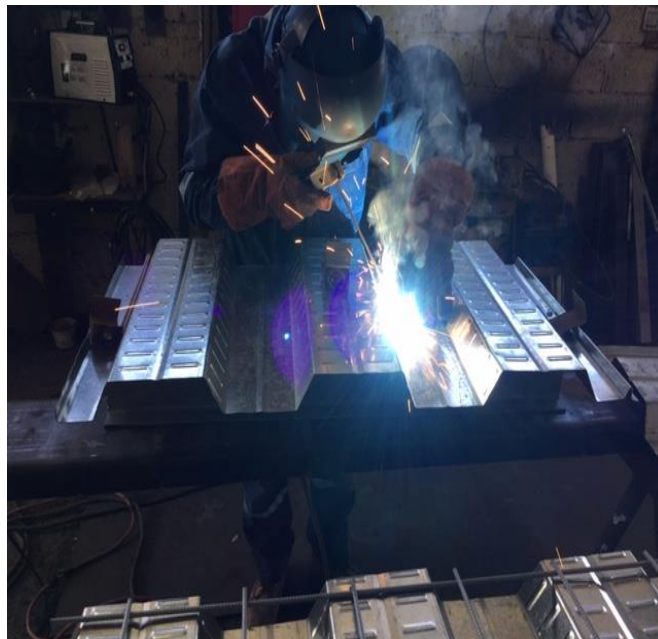
**Gráfico 27** corte de las planchas de acero



**Fuente:** Investigación y desarrollo

Según la orientación del ensayo se procederá a investigar los distintos tipos de conectores, siendo estos los conectores tipo espigo (stud) que se asemejan a un perno pero sin rosca, tiene un vástago y una cabeza, tiene dimensiones normalizadas, conectores tipo canal el cual va soldada a la viga en una de las alas, conectores tipo varilla siendo esta corrugada que va a colocarse recta, se dará la adaptación mediante soldaduras según grafico 28.

**Gráfico 28** Adaptación según el tipo



**Fuente:** Investigación y desarrollo

**Gráfico 29** Malla electrosoldada



**Fuente:** Investigación y desarrollo

La preparación del hormigón se la desarrollara mediante la norma establecida en la investigación en una dosificación de  $240\text{kg}/\text{cm}^2$ , a continuación, para facilidad se usó los servicios de la empresa HOLCIM que ya preparó el hormigón utilizado, de igual forma se engrasa los encofrados y se dispuso a realizar el corte de la malla electrosoldada.

Para la fabricación de las probetas se las realizo en conjunto con las del hormigón de las losas, para lo cual se utilizó la norma ASTM, acorde a los lineamientos de la universidad, se procedió a llenar 8 cilindros con el fin de obtener una muestra Se continúa elaborando las muestras con los diferentes conectores, se va a realizar 2 muestras por cada conector para poder comprobar los resultados de la manera más precisa y obtener datos más reales.

**Gráfico 30** llenado de cilindros 1



**Fuente:** Investigación y desarrollo

Se procedió al llenado con hormigón, en tres capas donde se buscó compactarlas mediante una serie de golpes con una varilla de distribución uniforme con el propósito de eliminar aire almacenado dentro del cilindro.

**Gráfico 31** llenado de cilindros 2



**Fuente:** Investigación y desarrollo

Luego de 24 horas se procedió a desmoldarlo y sumergirlo en agua antes del ensayo.

**Gráfico 32** llenado de cilindros 3



**Fuente:** Investigación y desarrollo

Se procede a realizar el encofrado donde se coloca el Deck con la malla metálica como se lo observa en la grafica 33.



**Gráfico 33** Encofrado



**Fuente:** Investigación y desarrollo

Se procede a verter el hormigón dentro del encofrado, se lo realiza mediante el uso de carretillas y palas, así también se coloca la malla metálica.

**Gráfico 34** Vertido de hormigón en cada uno de los tipos para el ensayo



**Fuente:** Investigación y desarrollo

**Gráfico 35** Colocación de la malla electrosoldada



Luego de vaciar el hormigón se realiza el proceso de vibración y el enlucido como se observa en la grafica 36.

**Gráfico 36** encofrado de la losa



**Fuente:** Investigación y desarrollo

El curado debe realizarse de forma rutinaria cada día, después de haber realizado la fundición del hormigón.

**Gráfico 37 Curado**



**Fuente:** Investigación y desarrollo

Ya con los materiales, muestras listas se continua en el ajuste técnico de ubicación en el lugar donde se desarrollarán los ensayos correspondientes para cada una de las muestras.

### **3.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Después de haber esperado el tiempo correspondiente a los días del curado, los prototipos de las uniones de losa se analizó la influencia y como generan un solo elemento entre viga y losa. Para la manipulación de los prototipos se utiliza un transportador.

**Gráfico 38** Traslado



**Fuente:** Investigación y desarrollo

Otra maquina indispensable para la experimentación de los prototipos es el sistema de reacción como se la puede observar en el siguiente gráfico:

**Gráfico 39** Sistema de Reacción



**Fuente:** Investigación y desarrollo

### 3.2.1. Ensayo Losa #1 (tipo varilla)

El primer prototipo ensayado contó con conectores tipo de varilla corrugada  $\text{Ø}8\text{mm}$ , este prototipo contiene un conector en cada valle de la losa deck y cada varilla tiene una longitud de 15 cm, se puede ver los resultados del ensayo a continuación:

**Gráfico 40** Ensayo Losa #1.



**Fuente:** Investigación y desarrollo

Se aplicaron los siguientes elementos:

- ✓ Losa: 50x100 cm y altura de 10cm.
- ✓ Placa colaborante: Metaldeck G90 40ksi.
- ✓ Malla electrosoldada:  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$  de  $\text{Ø}5.5@15$ .
- ✓ Hormigón:  $f'_c=240 \text{ kg/cm}^2$ .
- ✓ Viga Metalica: IPE160 y 100cm de longitud.
- ✓ Tipo de conector: 4 conectores tipo arco de varilla corrugada  $\text{Ø}8\text{mm}$

### **Adherencia**

No se encuentra separación entre la losa deck y la viga metálica, además el hormigón se mantuvo adherido con el deck metálico durante y después de fallar.

**Gráfico 41** Pérdida de adherencia



**Fuente:** Investigación y desarrollo

### **Desplazamiento**

Al culminar con el ensayo denota la inexistencia de desplazamiento horizontal de la losa compuesta y la viga metálica.

**Gráfico 42** desplazamiento ensayo #1



**Fuente:** Investigación y desarrollo

### **3.2.2. Ensayo Losa #2 (tipo varilla)**

El segundo prototipo ensayado contó con conectores tipo de arco de varilla corrugada de  $\text{Ø}8\text{mm}$ , este prototipo contiene un conector en cada valle de la losa deck y cada varilla tiene una longitud de 15 cm, se puede ver los resultados del ensayo a continuación:

**Gráfico 43** Ensayo Losa #2.



**Fuente:** Investigación y desarrollo

Se aplicaron los siguientes elementos:

- ✓ Losa: 50x100 cm y altura de 10cm.
- ✓ Placa colaborante: Metaldeck G90 40ksi.
- ✓ Malla electrosoldada:  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$  de  $\text{Ø}5.5@15$ .
- ✓ Hormigón:  $f'_c=240 \text{ kg/cm}^2$ .
- ✓ Viga Metálica: IPE160 y 100cm de longitud.
- ✓ Tipo de conector: 6 conectores tipo arco de varilla corrugada  $\text{Ø}8\text{mm}$

### **Adherencia**

Es evidente una pérdida de adherencia en un extremo del deck metálico con una separación de 0,02 mm entre el hormigón.



**Gráfico 44** Pérdida de adherencia



**Fuente:** Investigación y desarrollo

### **Desplazamiento**

Al culminar con el ensayo denota la inexistencia de desplazamiento horizontal de la losa compuesta y la viga metálica.

**Gráfico 45** desplazamiento ensayo #2

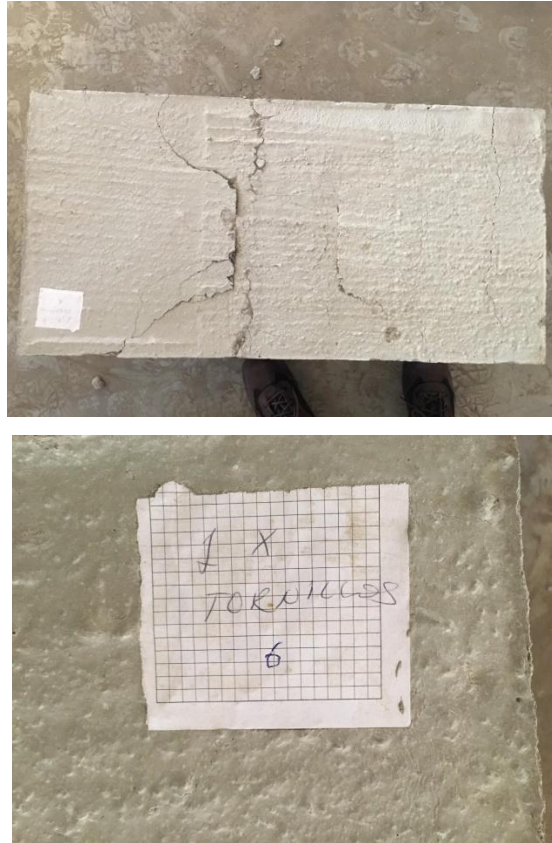


**Fuente:** Investigación y desarrollo

### **3.2.3. Ensayo Losa #3 (tipo tornillo)**

El tercer prototipo ensayado contó con conectores tipo Tornillo de 5 cm y  $\varnothing 5$ mm, este prototipo contiene un tornillo en cada valle de la placa colaborante deck, se puede ver los resultados del ensayo a continuación:

**Gráfico 46** Ensayo Losa #3.



**Fuente:** Investigación y desarrollo

Se aplicaron los siguientes elementos:

- ✓ Losa: 50x100 cm y altura de 10cm.
- ✓ Placa colaborante: Metaldeck G90 40ksi.
- ✓ Malla electrosoldada:  $f_y=4200$  kg/cm<sup>2</sup> de  $\varnothing 5.5@15$ .
- ✓ Hormigón:  $f'_c=240$  kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Viga Metalica: IPE160 y 100cm de longitud.
- ✓ Tipo de conector: 4 conectores tipo tornillo

### **Adherencia**

Es evidente una pérdida de adherencia, la losa de hormigón se despegó completamente de la placa metálica.

**Gráfico 47** Pérdida de adherencia



**Fuente:** Investigación y desarrollo

### **Desplazamiento**

Al culminar con el ensayo denota un desplazamiento de 0,4 mm de desplazamiento horizontal de la losa compuesta y la viga metálica.

**Gráfico 48** desplazamiento ensayo #3



**Fuente:** Investigación y desarrollo

### 3.2.4. Ensayo Losa #4 (tipo tornillo)

El cuarto prototipo ensayado contó con conectores tipo Tornillo de 5 cm y  $\varnothing 5\text{mm}$ , este prototipo contiene dos tornillos en cada valle de la placa colaborante deck, se puede ver los resultados del ensayo a continuación:

**Gráfico 49** Ensayo Losa #4.



**Fuente:** Investigación y desarrollo

Se aplicaron los siguientes elementos:

- ✓ Losa: 50x100 cm y altura de 10cm.
- ✓ Placa colaborante: Metaldeck G90 40ksi.
- ✓ Malla electrosoldada:  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$  de  $\varnothing 5.5@15$ .
- ✓ Hormigón:  $f'_c=240 \text{ kg/cm}^2$ .
- ✓ Viga Metalica: IPE160 y 100cm de longitud.
- ✓ Tipo de conector: 6 conectores tipo tornillo

## **Adherencia**

Es evidente una pérdida mínima de adherencia con una separación de 0,05 mm de la longitud del valle.

**Gráfico 50** Pérdida de adherencia



**Fuente:** Investigación y desarrollo

## **Desplazamiento**

Al culminar con el ensayo denota la inexistencia de desplazamiento horizontal de la losa compuesta y la viga metálica.

**Gráfico 51** desplazamiento ensayo #4



**Fuente:** Investigación y desarrollo

### 3.2.5. Ensayo Losa #5 (tipo stud)

El quinto prototipo ensayado contó con conectores tipo Stud de 15 cm y  $\text{Ø}12.7\text{mm}$ , este prototipo contiene un conector stud en cada valle de la placa colaborante deck, se puede ver los resultados del ensayo a continuación:

**Gráfico 52** Ensayo Losa #5



**Fuente:** Investigación y desarrollo

Se aplicaron los siguientes elementos:

- ✓ Losa: 50x100 cm y altura de 10cm.
- ✓ Placa colaborante: Metaldeck G90 40ksi.
- ✓ Malla electrosoldada:  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$  de  $\text{Ø}5.5@15$ .

- ✓ Hormigón:  $f_c=240$  kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Viga Metálica: IPE160 y 100cm de longitud.
- ✓ Tipo de conector: 4 conectores tipo stud

### **Adherencia**

Es evidente la buena adherencia del deck metálico con el hormigón, ya que no hubo ninguna señal de separación entre los dos, de igual manera no hubo problema de adherencia con la placa colaborante y la viga metálica.

**Gráfico 53** Pérdida de adherencia



**Fuente:** Investigación y desarrollo

### **Desplazamiento**

Al culminar con el ensayo denota la inexistencia de un desplazamiento horizontal de la losa compuesta y la viga metálica.

**Gráfico 54** desplazamiento ensayo #5

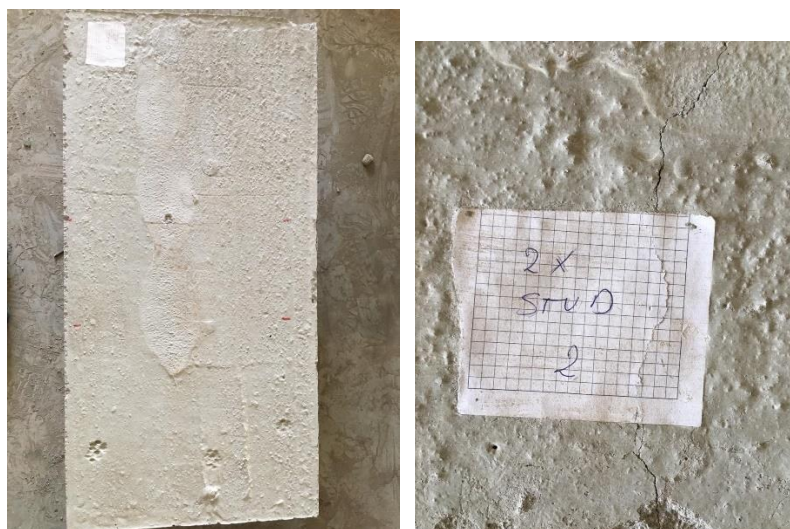


**Fuente:** Investigación y desarrollo

### 3.2.6. Ensayo Losa #6 (tipo stud)

El sexto prototipo ensayado contó con conectores tipo Stud de 15 cm y  $\text{Ø}12.7\text{mm}$ , este prototipo contiene dos conectores stud en cada valle de la placa colaborante deck, se puede ver los resultados del ensayo a continuación:

**Gráfico 55** Ensayo Losa #6



**Fuente:** Investigación y desarrollo

Se aplicaron los siguientes elementos:



- ✓ Losa: 50x100 cm y altura de 10cm.
- ✓ Placa colaborante: Metaldeck G90 40ksi.
- ✓ Malla electrosoldada:  $f_y=4200$  kg/cm<sup>2</sup> de Ø5.5@15.
- ✓ Hormigón:  $f'_c=240$  kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Viga Metalica: IPE160 y 100cm de longitud.
- ✓ Tipo de conector: 6 conectores tipo stud

### **Adherencia**

Es evidente la buena adherencia del deck metálico con el hormigón, ya que no hubo ninguna señal de separación entre los dos, de igual manera no hubo problema de adherencia con la placa colaborante y la viga metálica.

**Gráfico 56** Pérdida de adherencia



**Fuente:** Investigación y desarrollo

### **Desplazamiento**

Al culminar con el ensayo denota la inexistencia de un desplazamiento horizontal de la losa compuesta y la viga metálica.

**Gráfico 57** desplazamiento ensayo #6

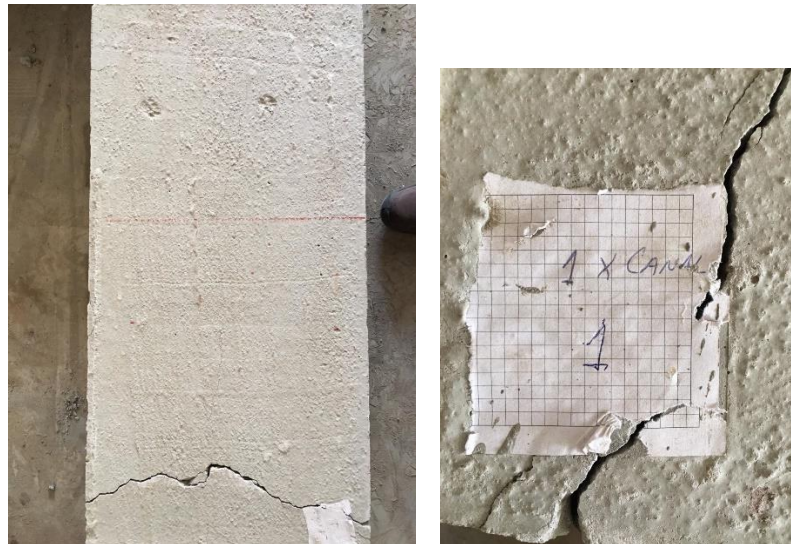


**Fuente:** Investigación y desarrollo

### 3.2.7. Ensayo Losa #7 (tipo canal)

El séptimo prototipo ensayado contó con conectores tipo canal, este prototipo contiene un conector tipo canal en cada valle de la placa colaborante deck, se puede ver los resultados del ensayo a continuación:

**Gráfico 58** Ensayo Losa #7



**Fuente:** Investigación y desarrollo

Se aplicaron los siguientes elementos:

- ✓ Losa: 50x100 cm y altura de 10cm.
- ✓ Placa colaborante: Metaldeck G90 40ksi.
- ✓ Malla electrosoldada:  $f_y=4200$  kg/cm<sup>2</sup> de Ø5.5@15.
- ✓ Hormigón:  $f'_c=240$  kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Viga Metalica: IPE160 y 100cm de longitud.
- ✓ Tipo de conector: 4 conectores tipo canal

### **Adherencia**

Es evidente la perdida adherencia con una separación de 0,10 mm en los extremos de la muestra, y en el centro no hay perdida de adherencia.

**Gráfico 59** Pérdida de adherencia



**Fuente:** Investigación y desarrollo

### **Desplazamiento**

Al culminar con el ensayo denota un desplazamiento de 0,08 mm de desplazamiento horizontal de la losa compuesta y la viga metálica.

**Gráfico 60** desplazamiento ensayo #7

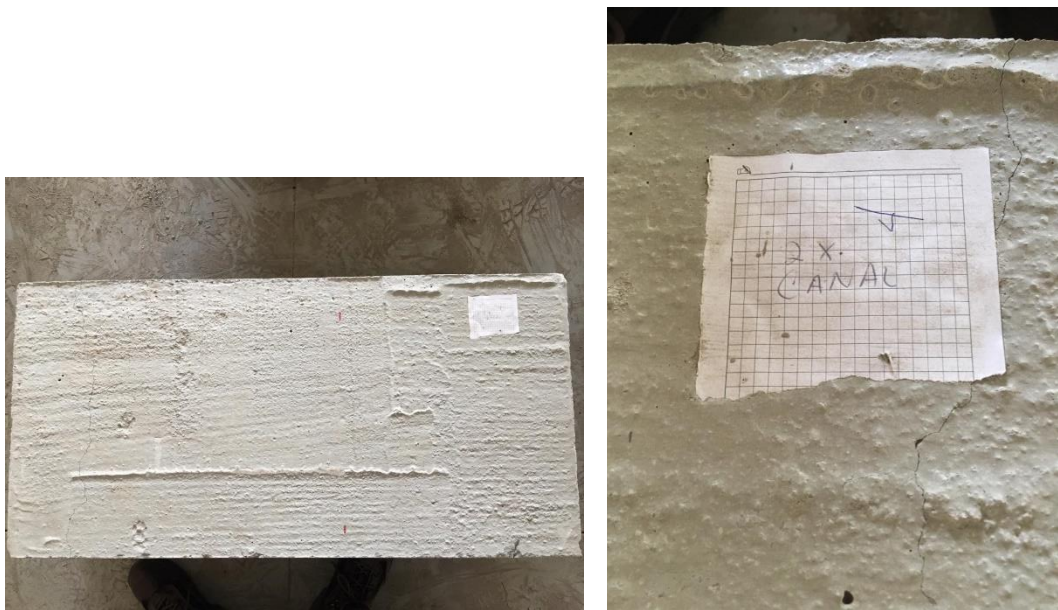


**Fuente:** Investigación y desarrollo

### 3.2.8. Ensayo Losa #8 (tipo canal)

El octavo prototipo ensayado contó con conectores tipo canal, este prototipo contiene dos conectores tipo canal en cada valle de la placa colaborante deck, se puede ver los resultados del ensayo a continuación:

**Gráfico 61** Ensayo Losa #8



**Fuente:** Investigación y desarrollo

Se aplicaron los siguientes elementos:

- ✓ Losa: 50x100 cm y altura de 10cm.
- ✓ Placa colaborante: Metaldeck G90 40ksi.
- ✓ Malla electrosoldada:  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$  de  $\text{Ø}5.5@15$ .
- ✓ Hormigón:  $f'_c=240 \text{ kg/cm}^2$ .
- ✓ Viga Metalica: IPE160 y 100cm de longitud.
- ✓ Tipo de conector: 6 conectores tipo canal

### **Adherencia**

Es evidente la perdida adherencia con una separación de 0,03 mm entre hormigon y placa colaborante en el lado izquierdo del prototipo, el resto del prototipo no sufre de perdida de adherencia.

**Gráfico 62** Pérdida de adherencia



**Fuente:** Investigación y desarrollo

### **Desplazamiento**

Al culminar con el ensayo denota un desplazamiento de 0,08 mm de desplazamiento horizontal de la losa compuesta y la viga metalica, la viga fallo en este ensayo no pose gran resistencia como se indica a continuación:

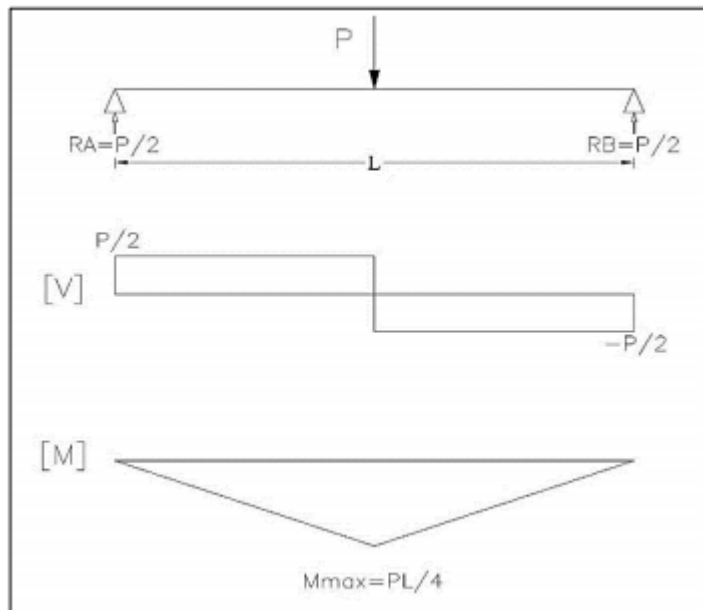
**Gráfico 63** desplazamiento ensayo #8



**Fuente:** Investigación y desarrollo

### 3.3. Cálculo del momento resistente en el ensayo

**Gráfico 64** Diagrama de corte y momento del prototipo



**Fuente:** Investigación y desarrollo

Tabla 3 Momento de ensayo de determinación de esfuerzo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ENSAYO DE DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO A LA FLEXIÓN DE VIGAS DE HORMIGÓN								
f <sub>c</sub> =240 kg/cm <sup>2</sup>								
Ensayado por: Esteban Gregorio Álava								
Momento Último Teórico: 5.34 ton - m								
IDENTIFICACIÓN DEL PROTOTIPO/ MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8
DESCRIPCIÓN DEL TIPO CONECTOR	4Varilla	6Varilla	4Tornillo	6Tornillo	4Stud	6Stud	4Canal	6Canal
FECHA DE FABRICACIÓN	8/9/2020							
FECHA DE ENSAYO	17/10/2020							
EDAD (DÍAS)	28	28	28	28	28	28	28	28
LONGITUD (mm)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
ANCHO (mm)	500	500	500	500	500	500	500	500
ALTURA (mm)	270/160	270/160	270/160	270/160	270/160	270/160	270/160	270/160
LONGITUD DE APOYO (mm)	900	900	900	900	900	900	900	900
MASA (gr)								
CARGA MÁXIMA (N)	243503	248640	172923	232273	232035	225089	240325	230582
CARGA MAXIMA (Ton)	24.83	25.35	17.64	23.69	23.66	22.96	24.51	23.52
MOMENTO PRÁCTICO (Ton - m)	6.21	6.34	4.41	5.92	5.92	5.74	6.13	5.88

Fuente: Investigación y desarrollo

## CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

Una vez concluido el trabajo de investigación se puede determinar cómo conclusiones del mismo las siguientes:

- Al analizar la influencia de los conectores de corte en la unión viga metálica y losa Deck se encontró que las primeras fallas se presentan con regularidad en los apoyos siendo estos a 5cm de los extremos y puntos de flexión de la viga. Las fisuras se presentaron en los bordes de los prototipos, esto es causado por la concentración de fuerza en el centro del prototipo.
- Al analizar el comportamiento de la losa compuesta unida a una viga metálica con conectores de corte, se logró determinar que el prototipo que tuvo el mejor comportamiento fue el prototipo No-2 (6 varillas) que pudo soportar una carga máxima de 248640 (N), además se determinó que no presentó una pérdida de adherencia representativa entre el hormigón y la placa del prototipo en la mayoría de los prototipos menos el prototipo No 3(4 tornillos) ya que en este prototipo si hubo pérdida de adherencia causando una resistencia a la carga mucho menor al resto.
- La conexión más eficiente para la unión viga metálica – losa deck, se estableció que es la de seis conectores de tipo varilla, ya que esta presentó significativamente mejor exposición a los factores a los que se le expuso en el desarrollo del experimento con el prototipo, además le sobrepasa en un 10% al promedio de los otros conectores y le supera en 8% a los tipo canal que son los siguientes mejores tipo de conectores de cortante.
- Al comparar los resultados obtenidos experimentalmente con los datos teóricos, se muestra que en un 80% son muy cercanos a la realidad ya que la mayoría de los prototipos tuvieron un momento muy cercano a la del momento último teórico de (5.34 ton – m) excepto el tipo tornillo que por



la pérdida de adherencia poseyó una depreciación en resistencia, pero se debe considerar que la variación es determinada por factores variables, como la cantidad requerida, las dimensiones estructurales y calidad de los implementos ya que estas variables tienden a influenciar en el resultado final considerado para comparaciones y análisis concluyentes.

- Los conectores cumplieron con su función específica la cual era transferir esfuerzos de corte de la losa a los elementos en forma de soporte, pero denoto mayor eficiencia al implementar seis en vez de cuatro, en especial en el de tipo stud.

#### **4.2. Recomendaciones**

- La influencia de los conectores corte en las losas compuestas son significativos ya que certifica un comportamiento apropiado ante las diferentes demandas que se puedan presentar ante dicho elemento en una estructura, por lo cual se recomienda tener mucha precaución al momento de diseñar los elementos compuestos, especialmente al momento de elegir el número, la separación y que tipo de conectores de corte se va a utilizar.
- Al analizar el comportamiento de la losa compuesta al utilizar los conectores de corte se recomienda que siempre se intente usar conectores de corte al momento de diseñar una losa ya que si mejora considerablemente la resistencia de la losa.
- Se recomienda el uso constructivo del conector de corte tipo varilla en la unión viga metálica - losa deck, ya que tuvo el mejor comportamiento al momento de ensayar los prototipos, además es de fácil obtención y colocación en obra.
- Al momento de ensayar los prototipos uno de los factores que intervinieron en un mal comportamiento de la losa compuesta fue la adherencia, dando valores por debajo del promedio, por lo cual se recomienda tener mucho cuidado al momento de la colocación de los conectores de corte y asegurar que las conexiones sean hechas con profesionales y los equipos adecuados.



## MATERIALES DE REFERENCIA

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. R. F. J. Ollgaard J., «Shear strength of stud connectors in lightweight and normal weight concrete,» AISC Engineering Journal, New York, 1970.
- [2] J. C. H. Muñoz, «COMPORTAMIENTO DE CANALES COMO CONECTORES DE CORTANTE PARA UN SISTEMA DE SECCIÓN COMPUESTA USANDO LÁMINA COLABORANTE,» Universidad Nacional de Colombia, BOGOTÁ D.C., 2013.
- [3] V. Galán y D. Jaramillo, «bibdigital.epn.edu.ec,» 2012. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4948/1/CD-4486.pdf>. [Último acceso: 14 2 2020].
- [4] V. Galán y D. Jaramillo, «Ensayo experimental de los conectores de corte de las losas tipo deck,» Quito, 2012.
- [5] M. Barroso, C. Medina y S. Medina, «INFLUENCIA DE LOS CONECTORES DE CORTANTE EN LA UNIÓN VIGA DE HORMIGÓN Y LOSA COMPUESTA,» *REVISTA CIENCIA*, vol. 19, pp. 447-464, 2017.
- [6] NOVACERO, Catálogo de producto Novalosa, Ecuador, 2019.
- [7] NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, Ecuador, 2015.
- [8] M. Técnico, «Sistema Constructivo Placa Colaborante Acero - Deck,» Dpto. Investigación y Desarrollo ACEROS PROCESADOS S.A..
- [9] Alvarez y Cházaro, 2010. [En línea]. [Último acceso: Marzo 2020].
- [10] A. 360-10, Specification for Structural Steel Buildings, Chicago: American Institute of Steel Construction, 2010.

- [11] M. M. Lawan, «Bolted Shear Connectors Performance in Self-Compacting Concrete Integrated with Cold-Formed Steel Section,» *Latin American Journal of Solids and Structures* 13, Malaysia, 2016.
- [12] T. Ayabaca y M. Ruales, «Diseño de la superestructura de sección compuesta (Tablero de hormigón armado y vigas de acero estructural) del puente Piedra Fina II - Provincia de Sucumbíos sector El Reventador.,» UCE, Quito, 2014.
- [13] F. Estrada, «<https://www.academia.edu>,» 2018. [En línea]. Available: [https://www.academia.edu/15764183/MANUAL\\_ACERO\\_DECK\\_SENCICO](https://www.academia.edu/15764183/MANUAL_ACERO_DECK_SENCICO). [Último acceso: Mayo 2020].
- [14] J. Bonilla, L. Bezerra, R. Larrua, C. Recarey y E. Mirambell, «Modelación numérica con validación experimental aplicada al estudio del comportamiento de conectores tipo perno de estructuras compuestas de hormigón y acero.,» *Revista Ingeniería de Construcción RIC*, vol. 1, n° 30, pp. 53-58, 2015.
- [15] X. Hurtado y M. Molina, «Formulación para el diseño de conectores de cortante tipo tornillo,» *INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN*, vol. 31, n° 2, pp. 52-64, Agosto 2011.
- [16] J. Rogel y G. Tenorio, «[bibdigital.epn.edu.ec](http://bibdigital.epn.edu.ec),» Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19696>. [Último acceso: 14 Febrero 2020].
- [17] X. Hurtado y M. Molina, «[revistas.unal.edu.co](http://revistas.unal.edu.co),» *Ingeniería e Investigación*, vol. 31, n° 2, 2011.
- [18] D. Rodriguez, «Investigación aplicada: características, definición, ejemplos,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.lifeder.com/investigacion-aplicada/>.
- [19] O. I. Vallejo, «Análisis Comparativo De Ensayos Destructivos Y No Destructivos De Hormigones De Alta Resistencia,» *Universidad De Guayaquil. Trabajo de grado*, pp. 1-81, 2016.

- [20] T. Vallejo, Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 2016.
- [21] L. Bast , «Como determinar el mòdulo de rotura,» 2017.
- [22] N. A. Hedao, «Design of composite slabs with profiled steel decking: a comparison between experimental and analytical studies,» International Journal of Advanced Structural Engineering, 2012.
- [23] A. Deck, Manual Técnico para el uso de Placas Colaborantes para Losas de Entrepiso, Lima: Acero Deck, 2003.
- [24] SENCICO, Sistema Constructivo Placa Colaborante Acero - Deck.

## ANEXOS

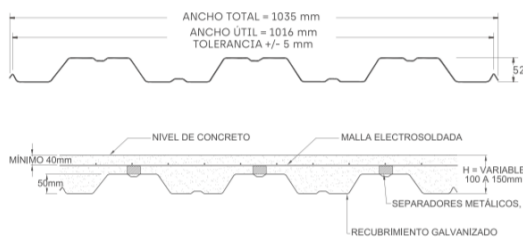
### Características técnicas de la placa colaborante



# 1

## Introducción

METAL DECK es un nuevo concepto de placas de entre pisos. El sistema está compuesto por una lámina metálica y una losa de concreto que actúan en forma monolítica logrando una construcción ágil, limpia y versátil. El sistema permite aumentar los rendimientos de obra, genera una reducción importante en los tiempos de construcción y reduce sustancialmente los desperdicios de materiales adicionales como madera, formaletas y puntillas entre otros. También al usar METAL DECK los desperdicios de concreto son mínimos y por tanto, los costos finales por metro cuadrado de la losa serán siempre inferiores a los sistemas tradicionales.



### 1.3 TABLA DE CARGAS METAL DECK 2"

CARGAS QUE PUEDE SOPORTAR EN T/m <sup>2</sup>	
Espesor de losa [0.10m]	
Distancia entre Vigas la(m)	Espesor del deck (mm)
m	0.75
1.50	2.000
1.80	1.477
2.00	1.359
2.25	1.074
2.50	0.870
2.75	0.692
3.00	0.533
3.25	0.419
3.50	0.336

Nota: Se usa sin apuntalamiento cuando las vigas de apoyo están a una distancia máxima de 1.50m, para mayores distancias es recomendable apuntalamiento.

ESPESOR DE LOSA			CUBICACIÓN Y PESO PROPIO			
Altura total de la losa	Altura de hormigón sobre la cresta	Volumen de hormigón en 1m <sup>2</sup>	Hormigón	Peso del deck	Peso total	Espesor del deck
cm	cm	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	mm
10	4.8	0.07	168	7.02	175.02	0.75
12	6.8	0.09	216	7.02	223.02	0.75
15	9.8	0.12	288	7.02	295.02	0.75

Activar Windows  
Ve a Configuración para activar Windows

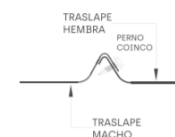
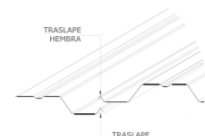
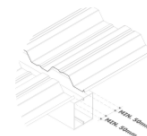
### 1.4 TABLA DE CARGAS METAL DECK 2 PLUS"

CARGAS QUE PUEDE SOPORTAR EN T/m <sup>2</sup>	
Distancia entre Vigas la(m)	Espesor del deck (mm)
m	0.75
1.50	2.000
1.80	1.477
2.00	1.359
2.25	1.074
2.50	0.870
2.75	0.692
3.00	0.533
3.25	0.419
3.50	0.336

Nota: Se usa sin apuntalamiento cuando las vigas de apoyo están a una distancia máxima de 1.50m, para mayores distancias es recomendable apuntalamiento.

ESPESOR DE LOSA			CUBICACIÓN Y PESO PROPIO			
Altura total de la losa	Altura de hormigón sobre la cresta	Volumen de hormigón en 1m <sup>2</sup>	Hormigón	Peso del deck	Peso total	Espesor del deck
cm	cm	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	mm
10	4.8	0.07	168	7.02	175.02	0.75
12	6.8	0.09	216	7.02	223.02	0.75
15	9.8	0.12	288	7.02	295.02	0.75

### 1.5 TRASLAPES



### CORTE



Activar Windows  
Ve a Configuración para activar Windows

Elaboración de cilindros para ensayo de resistencia a la compresión del hormigón. Utilizando hormigón elaborado por Holcim.









# Ensayo de la resistencia a la compresión del hormigón



Holcim Ecuador S.A.  
 Av. Atahualpa y Calle Sergio Mejía  
 Huachi el Belén  
 Ambato, Ecuador

Tel.: (593-3) 24441788 ext. 363708  
 Fax: (593-3) 2441790

Reporte de resistencia del hormigón NTE INEN 1573 / ASTM C 39

KMAT-H00-RC15

Planta:		Ambato			Fecha:		29-oct-20					
Cliente:		ALAVA APRÁEZ ESTEBAN GREGORIO			Obra:		SR. NELSON ESPIN					
460	10-sep-20	17-sep-20	7	240	R28Y	101.0	192.1	24.0	24.1	245.3	102%	Muestreado en obra y ensayado en planta
						101.0	193.3	24.1				
	10-sep-20	08-oct-20	28			101.0	271.6	33.9	34.2	349.0	145%	
						101.0	280.4	35.0				
					101.0	270.4	33.7					

1 MPa = 10.2 kg/cm<sup>2</sup>

Conclusión: Los diseño de hormigón ESTRUCTURAL 210 Kg/cm<sup>2</sup>-19mm-15cm-28d (210 R28Y), ESTRUCTURAL 240 Kg/cm<sup>2</sup>-19mm-15cm-28d (240 R28Y), que se han suministrado a esta obra fue evaluado a los 7 Y 28 días en conformidad con las especificaciones de las normas ASTM C-39 - INEN 1573.

Comentarios: La resistencia alcanzada corresponde muestras tomados en obra y curadas en condiciones estrictas de laboratorio

Responsable:

Holcim Ecuador S.A.  
  
 FIRMA AUTORIZADA  
 Ing. Santiago Checa  
 Jefe Planta RMX Ambato

Manejo de prototipo en el laboratorio para su posterior ensayo.



Equipo para ensayo de prototipo.



