



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

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA CIVIL

TEMA:

**ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS CONECTORES DE CORTANTE EN
LA UNIÓN VIGA DE HORMIGÓN Y LOSA COMPUESTA**

AUTORA:

MERCY SORAIDA BARROSO BARROSO

TUTOR:

ING. M.Sc. CHRISTIAN MEDINA

Ambato – Ecuador

2016

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. M. Sc. Christian Medina certifico que el presente Informe Final Experimental **“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS CONECTORES DE CORTANTE EN LA UNIÓN VIGA DE HORMIGÓN Y LOSA COMPUESTA”** realizado por la señorita Mercy Soraida Barroso Barroso Egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ing. M Sc. CHRISTIAN MEDINA
TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Mercy Soraida Barroso Barroso, con CI. 180398973-8 Egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo con el tema: **“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS CONECTORES DE CORTANTE EN LA UNIÓN VIGA DE HORMIGÓN Y LOSA COMPUESTA”** es de mi completa autoría.

Mercy Soraida Barroso Barroso

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga este tipo de trabajo de Titulación bajo la modalidad 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 líneas patrimoniales de mi Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Trabajo Experimental dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, 01 de Noviembre de 2016

Autor

Mercy Soraida Barroso Barroso

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Aprobación de Grado, aprueban el presente Trabajo Experimental bajo el tema: **“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS CONECTORES DE CORTANTE EN LA UNIÓN VIGA DE HORMIGÓN Y LOSA COMPUESTA”**: realizado por la señorita Mercy Soraida Barroso Barroso egresada de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman.

Ing. Mg. Maritza Ureña
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Mg. Patricio Navarro
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

A Dios, por llenarme de bendiciones, por permitir cumplir una meta más en mi vida.

A mi padre, por todo el esfuerzo que realiza todos los días para que yo llegará a cumplir mis sueños, por nunca dejarse vencer y estar a mi lado siempre apoyándome y bríndame el mejor de los ejemplos que una hija puede tener.

A mi madre por su amor, paciencia y sus consejos, por siempre ser tan protectora conmigo y ser la persona más importante en mi vida.

A mis hermanos que son mi ejemplo de lucha y constancia, el mejor regalo que Dios me pudo dar.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por brindarme su infinito amor y la fortaleza en cada etapa de mi vida para cumplir cada uno de mis sueños. Por llenarla de personas maravillosas que siempre son mi apoyo incondicional.

A mis padres Segundo y Clara por ser mi motor, mi inspiración de todos los días para ser mejor.

A mis hermanos Jorge y Patricio por ser quienes me orientan y me guían.

A mi tía Mercedes quien fue una persona que creyó en mí siempre y por su apoyo.

A la Universidad Técnica de Ambato, la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica y de manera especial a todos los docentes por impartir sus conocimientos que me permitieron formar en mi vida profesional.

A Ing. M Sc. Christian Medina y al Ing. Jorge Cevallos por su ayuda e impartir sus conocimientos que me impulsó a concluir el trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA:	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA DEL TRABAJO	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICES DE GRÁFICOS	XIII
RESUMEN EJECUTIVO	XVI
ABSTRACT.....	XVII
CAPÍTULO I.....	1
1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	2
1.4 OBJETIVOS.....	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos:	4
CAPÍTULO II	5
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1.1 PLACA COLABORANTE	5
2.1.1.1 RECUBRIMIENTO MÍNIMO	6

2.1.1.2 HORMIGÓN	6
2.1.1.3 MALLA DE ACERO REFUERZO DE RETRACCIÓN.....	7
2.1.1.4 DISEÑO	7
2.1.1.4.1 DISEÑO COMO FORMAleta	7
CARGAS.....	7
RESISTENCIA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL	8
DEFLEXIONES ADMISIBLES.....	8
SOPORTES ADICIONALES	9
LONGITUD DE APOYO.....	9
2.1.1.4.2 DISEÑO COMO SECCIÓN COMPUESTA.....	9
DEFLEXIONES.....	10
DISEÑO A FLEXIÓN MÉTODO DE RESISTENCIA ÚLTIMA.....	12
COMPRESIÓN EN EL CONCRETO	13
RESISTENCIA DE ADHERENCIA A CORTANTE	14
ESFUERZOS CORTANTES EN EL HORMIGÓN	16
2.1.1.6 CONECTORES DE CORTANTE	17
VENTAJAS DEL USO DE CONECTORES	18
RECOMENDACIONES.....	19
TIPOS DE CONECTORES DE CORTANTE.....	19
Conectores de cortante tipo tornillo.....	20
Conectores de cortante tipo espigo.....	20
Conectores de cortante tipo varilla.....	21
ESPACIAMIENTO DE LOS CONECTORES DE CORTANTE.....	22
RECUBRIMIENTO DE LOS CONECTORES DE CORTANTE.....	22
2.2 HIPÓTESIS	23

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	23
2.3.1 Variable Independiente:	23
2.3.2 Variable Dependiente:	23
CAPÍTULO III.....	24
3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	24
INVESTIGACIÓN APLICADA.....	24
INVESTIGACIÓN LABORATORIO	24
INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL	24
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	24
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	25
3.3.1 Variable Independiente	25
3.3.2 Variable Dependiente	26
3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	27
3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	28
CAPÍTULO IV	29
4.1 RECOLECCIÓN DE RESULTADOS.....	29
4.1.1 Análisis Matemático del Prototipo	29
4.1.2 Elaboración de los Prototipos	37
4.1.3 Resultado de los Ensayos.....	44
4.1.3.1 Ensayo Losa N° 1 (Cuatro Conectores Tipo Arco)	45
4.1.3.2 Ensayo Losa N°2 (Seis Conectores Tipo Arco).....	49
4.1.3.3 Ensayo Losa N°3 (Cuatro Conectores Tipo Tornillo)	53
4.1.3.4 Ensayo Losa N° 4 (Seis Conectores Tipo Tornillo)	58
4.1.3.5 Ensayo Losa N° 5 (Cuatro Conectores Tipo Espigo).....	63
4.1.3.6 Ensayo Losa N° 6 (Seis Conectores Tipo Espigo)	67

4.1.3.7 Ensayo Losa N° 7 (Conector Tipo Estribo)	71
4.1.3.8 Cálculo de momento resistente en el ensayo	75
4.1.3.9 Cálculo de Módulo de Rotura – Norma ASTM C293 - 79	76
4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	77
4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	83
CAPÍTULO V.....	84
5.1 CONCLUSIONES.....	84
5.2 RECOMENDACIONES.....	86
C. MATERIALES DE REFERENCIA.....	87
1. BIBLIOGRAFÍA.....	87
2. ANEXOS	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Deflexiones Máximas Calculadas Permisibles.....	11
Tabla N° 2. Factor de Dependiente del Tiempo para Cargas Sostenidas	12
Tabla N° 3. Variable Independiente.....	25
Tabla N° 4. Variable Dependiente	26
Tabla N° 5. Plan de Recolección de Información	27
Tabla N° 6. Momento Resistente Máximo.....	75
Tabla N° 7. Módulo de Rotura.....	76

ÍNDICES DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1. Lámina de Acero Acanalada (Steel deck)	6
Gráfico N° 2. Área Contribuyente al Cortante del Concreto	16
Gráfico N° 3. Comparación de Vigas Deformadas con y sin Acción Compuesta.....	17
Gráfico N° 4. Conexión Losa Compuesta y Viga de Hormigón.....	18
Gráfico N° 5. Conectores de Cortante Tipo Espigo.....	19
Gráfico N° 6. Diagrama Esfuerzo y Deformación del Elemento Compuesta.....	30
Gráfico N° 7. Conector Tipo Tornillo.....	35
Gráfico N° 8. Conector Tipo Espigo.....	35
Gráfico N° 9. Conector Tipo Arco.....	36
Gráfico N° 10. Armado de Viga	37
Gráfico N° 11. Planilla de Hierros	37
Gráfico N° 12. -Prototipos a Ensayarse	38
Gráfico N° 13. Mezclado de los Agregados	39
Gráfico N° 14. Engrasado de los Encofrados	40
Gráfico N° 15. Colocado de los Diferente Conectores de Cortante.....	40
Gráfico N° 16. Llenado de los Moldes de Cilindros.....	41
Gráfico N° 17. Encofrado de la Losa Compuesta	42
Gráfico N° 18. Fundido y Vibrado de la Losa	43
Gráfico N° 19. Curado de los Prototipos	43
Gráfico N° 20. Equipo para Manipulación de Prototipos	44
Gráfico N° 21. Prototipo N°1 (4 Conectores Tipo Arco)	45
Gráfico N° 22. Losa 1 – Conector Tipo Arco Ø8mm.....	46
Gráfico N° 23. Diagrama Carga vs Deformación Losa 1	47
Gráfico N° 24. Pérdida de adherencia con el incremento de carga.....	47
Gráfico N° 25. Desplazamiento Losa Compuesta – Viga de H°A°	48
Gráfico N° 26. Fisuras en la Viga de H°A°	49
Gráfico N° 27. Prototipo N°2 (6 Conectores Tipo Arco)	49
Gráfico N° 28. Losa 2 – Conector Tipo Arco Ø8mm.....	50

Gráfico N° 29. Diagrama Carga vs Deformación Losa 2	51
Gráfico N° 30. Pérdida de Adherencia entre la Placa Colaborante y el Hormigón	52
Gráfico N° 31. Desplazamiento Losa Compuesta – Viga de H°A°	52
Gráfico N° 32. Fisuras en la Viga de H°A°	53
Gráfico N° 33. Prototipo N°3 (4 Conectores Tipo Cortante).....	54
Gráfico N° 34. Losa 3 – Conector Tipo Tornillo	55
Gráfico N° 35. Diagrama Carga vs Deformación Losa 3	56
Gráfico N° 36. Pérdida de Adherencia entre la Placa Colaborante y el Hormigón	56
Gráfico N° 37. Desplazamiento Losa Compuesta – Viga de H°A°	57
Gráfico N° 38. Fisuras en la Viga de H°A°	58
Gráfico N° 39. Prototipo N°4(Seis Conectores Tipo Tornillo).....	59
Gráfico N° 40. Losa 4 – Conector Tipo Tornillo	60
Gráfico N° 41. Diagrama Carga vs Deformación Losa 4	61
Gráfico N° 42. Pérdida de Adherencia entre la Placa Colaborante y el Hormigón	61
Gráfico N° 43. Desplazamiento Losa Compuesta – Viga de H°A°	62
Gráfico N° 44. Fisuras en la Viga de H°A°	62
Gráfico N° 45. Prototipo N°5 (4 Conectores Tipo Espigo)	63
Gráfico N° 46. Losa 5 – Conector Tipo Espigo	64
Gráfico N° 47. Diagrama Carga vs Deformación Losa 5	65
Gráfico N° 48. Pérdida de Adherencia entre la Placa Colaborante y el Hormigón	65
Gráfico N° 49. Desplazamiento Losa Compuesta – Viga de H°A°	66
Gráfico N° 50. Fisuras en la Viga de H°A°	66
Gráfico N° 51. Prototipo N°6 (6 Conectores Tipo Espigo)	67
Gráfico N° 52. Losa 6 – Conector Tipo Espigo	68
Gráfico N° 53. Diagrama Carga vs Deformación Losa 6	69
Gráfico N° 54. Pérdida de Adherencia entre la Placa Colaborante y el Hormigón	69
Gráfico N° 55. Desplazamiento Losa Compuesta – Viga de H°A°	70
Gráfico N° 56. Fisuras en la Viga de H°A°	70
Gráfico N° 57. Prototipo N°7 (Conector Tipo Estribo)	71
Gráfico N° 58. Losa 7 – Conector Tipo Estribo	72
Gráfico N° 59. Diagrama Carga vs Deformación Losa 7	73

Gráfico N° 60. Pérdida de Adherencia entre la Placa Colaborante y el Hormigón	73
Gráfico N° 61. Fisuras en la Viga de H°A°	74
Gráfico N° 62. Diagrama de corte y momento del prototipo.....	75
Gráfico N° 63. Comparación de Carga vs Deformación Losa 1-2	77
Gráfico N° 64. Comparación de Carga vs Deformación Losa 3-4	78
Gráfico N° 65. Comparación de Carga vs Deformación Losa 5-6	79
Gráfico N° 66. Comparación de Carga vs Deformación Losa 1-3-5	80
Gráfico N° 67. Comparación de Carga vs Deformación Losa 2-4-6	81
Gráfico N° 68. Comparación de Carga vs Deformación Todos los prototipos.....	82

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: “ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS CONECTORES DE CORTANTE EN LA UNIÓN VIGA DE HORMIGÓN Y LOSA COMPUESTA”

AUTOR: Mercy Soraida Barroso Barroso

TUTOR: Ing. M Sc Christian Medina

FECHA: Noviembre 2016

El presente trabajo de investigación se realizó prototipos con diferentes conectores de cortante, seleccionados por las propiedades de cada elemento, la capacidad de absorción y transferencia de esfuerzos cortantes de la losa a la viga y además del uso frecuente en obra. Los conectores de cortante que fueron parte de esta investigación eran de tipo (arco de varilla corrugada Ø8mm, tornillo, espigo y tipo estribo) todos estos dispositivos cumplen con funciones que fueron reflejados en los ensayos como: impedir el deslizamiento horizontal y separación vertical entre losa compuesta y la viga de hormigón, pérdida de adherencia entre el hormigón y la placa colaborante y obtener la resistencia máxima a la flexión mayor que si cada elementos funcionara por sí solo. Para identificar a un elemento estructural como compuesto este debe garantizar la interacción entre el material de acero y de hormigón mediante el cual se llegó a los resultados con el uso de los conectores de cortante.

El desempeño de los elementos compuestos es decir de los prototipos se dio por el número y espaciamiento de los conectores de cortante que aumento la resistencia a la flexión y fueron esenciales para el comportamiento ante las solicitaciones requeridas.

ABSTRACT

The present research work was carried out prototypes with different shear connectors, selected by the properties of each element, the capacity of absorption and transfer of shear stresses of the slab to the beam and besides the frequent use in work. The shear connectors that were part of this research were of type (corrugated rod Ø8mm, screw, spigot and stirrup type) all these devices fulfill functions that were reflected in the tests as: to prevent the horizontal sliding and vertical separation between slab Composite and the concrete beam, loss of adhesion between the concrete and the cooperating plate and obtain the maximum resistance to flexion greater than if each elements worked alone. To identify a structural element as a composite, it must ensure the interaction between the steel and concrete material by which the results were achieved with the use of the shear connectors.

The performance of the composite elements ie prototypes was given by the number and spacing of the shear connectors which increased the flexural strength and were essential for the behavior to the required stresses.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LOS CONECTORES DE CORTANTE EN LA UNIÓN VIGA DE HORMIGÓN Y LOSA COMPUESTA

1.2 ANTECEDENTES

La construcción compuesta fue utilizada desde 1920 no fue sino en la década de 1950 que el uso se extendió al ser adoptada por los diseñadores y constructores de puentes y edificios metálicos para cubrir la necesidad de utilizar encofrados evitando apuntalamiento temporales la selección de una placa de acero fue con el fin de aprovechar las propiedades del acero por la gran resistencia a la tensión y complementar con el hormigón por su comportamiento ante esfuerzos a compresión, su utilización fue generalizada luego de las investigaciones conducidas por Rudolf M. (Viest, 1956), en la Universidad de Illinois. [1]

Las investigaciones dadas en 1961 en el Instituto Americano de Construcción de Acero (AISC) incluyó recomendaciones emitidas por el comité de construcciones compuestas en el uso de conectores de cortante obtenidos mediante ensayos de (Driscoll y Roger) [1], como conclusión a los resultados obtenidos de los ensayos en losa compuesta y viga de acero se dice que la carga última de conectores de cortante se relaciona directamente con la capacidad a flexión de la viga además la cantidad y espaciado interfieren en la redistribución de carga.

En 1971 en base a nuevas investigaciones y ensayos realizados por (Ollogaard, Slutter y Fisher), establecen la proporcionalidad entre el módulo de elasticidad, la resistencia a la compresión y la capacidad de los conectores y fue modificado lo establecido por (Driscoll y Roger) [1] ya que no es aplicable para los diferentes valores de resistencia a la compresión del concreto por la razón que se estableció ecuaciones que rigen en el diseño de conectores de cortante tipo espigo las cuales fueron adaptadas y se usa actualmente.

Dentro de las investigaciones sobre nuevos tipos de conectores de cortante en un sistema compuesto de losa y viga están en la Universidad Nacional de Colombia en donde se realizó una tesis [2] del comportamiento de canales como conectores de cortante para un sección compuesta usando lámina colaborante obteniendo como resultado que el número de conectores de cortante influye más en la resistencia que la longitud del conector.

En nuestro país también avanza con nuevas tendencia de construcción como es el sistema compuesto que fue adoptado pocos años atrás. Además aporta con documentos de investigaciones sobre conectores de cortante en losas compuestas como en la Universidad Politécnica Nacional “Ensayo experimental de los conectores de corte de las losas tipo deck” [3] como resultado de esta investigación concluyeron que la resistencia a la flexión dio mayores valores que tomando en cuenta estos elementos por separado.

Con las referencias anteriores aportadas en la investigación sobre los conectores de cortante como elemento importante en la construcción de sistemas compuesto.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La tendencia actual es construir estructuras compuestas de acero y hormigón en el Ecuador va en auge en los últimos años debido a la necesidad de brindar estructuras más livianas, económicas y eficientes. Pero debemos tomar especial atención en el diseño y cálculo de cada elemento estructural debido a nuestra ubicación geográfica el cual es denominado como amenaza sísmica alta. Es la razón por la cual el diseño de losa compuesta y la

transferencia de esfuerzos a los elementos que la soportan se logran a través de conectores de cortante.

En nuestro país existen documentos de investigación en la utilización de placas colaborantes los cuales abarcan un uso en forma general sin explicar el funcionamiento de este sistema con los cálculos y variables que deberíamos adoptar a nuestro medio. Los manuales con documentación teórica de Ecuador dejan un vacío en el uso y necesidad de conectores de cortante para losa compuesta y viga de hormigón.

De acuerdo a manuales sugieren el uso conectores de cortante los cuales no son usados frecuentemente debido a que presenta un alto costo por el equipo especializado para su instalación por tal razón nos vemos en la necesidad de adoptar nuevos dispositivos. Pero para utilizar diferentes tipos de conectores de cortante se debe justificar mediante ensayos que garanticen la transferencia de esfuerzos. Con el presente documento de investigación se aportará un análisis de la influencia de los diferentes tipos de conectores de cortante en el sistema compuesto y de conexión entre losa compuesta y viga de hormigón mediante tornillos, anclajes y varillas los cuales proporcionan una determinada resistencia y transferencia a corte.

El sistema compuesto aporta con un sin número de beneficios en las estructuras ya sea económico y eficiente, pero para su diseño, cálculo y construcción y un buen funcionamiento es necesario aplicar normas de construcción que has sido demostrada mediante ensayos.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Analizar la influencia de los conectores de cortante en la unión viga de hormigón y losa compuesta.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Analizar el comportamiento de losa compuesta unida a una viga con conectores de cortante.
- Estudiar el comportamiento de diferentes tipos de conectores de cortante.
- Investigar la influencia que tiene la separación de los conectores de cortante.
- Observar las características visibles del comportamiento de la unión viga – losa compuesta a lo largo de los ensayos.
- Comparar los resultados teóricos con los obtenidos experimentalmente.
- Identificar la conexión más eficiente.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

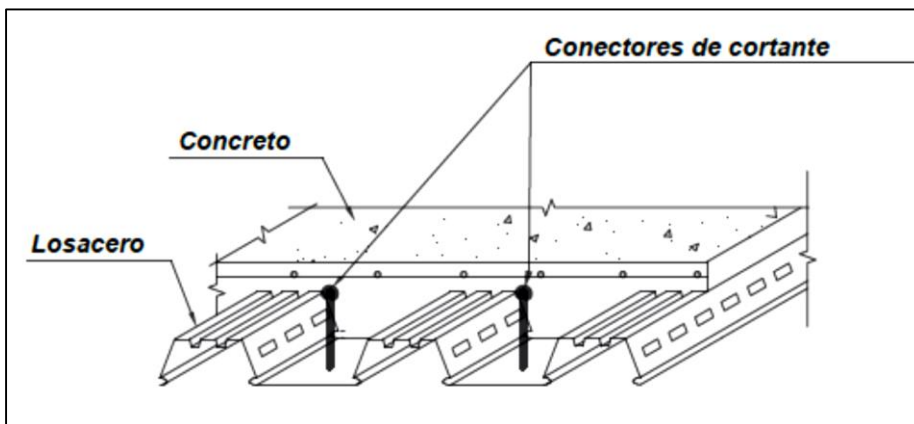
2.1.1 PLACA COLABORANTE

El sistema de losa compuesta consiste en una plancha de acero preformada adecuadamente y diseñada para soportar el peso de vaciado de una losa y cargas adicionales por el proceso constructivo. Las láminas tienen dos funciones principales como formaleta durante el vaciado del hormigón eliminando el uso de encofrado y actuar como refuerzo positivo una vez que haya fraguado. El sistema en donde la estructura es de acero u hormigón debe conectarse adecuadamente a las vigas principales de apoyo para cumplir como diafragma estructural y trabajar como elemento compuesto.

La interacción se forma a partir de una combinación de adherencia superficial entre la placa colaborante y el hormigón por medios mecánicos mediante resaltes laterales en la superficie de la lámina, hendiduras o dispositivos para transferencia de cortante. Se deberá calcular los esfuerzos y las deflexiones máximas. [4]

El acero utilizado es de tipo laminado en frío, cumple con la norma de fabricación ANSI/ASCE 3-91, NTE-INEN 2397 y SDI, el acero usado cumple con la Norma ASTM A653 con recubrimiento galvanizado G90 (Z275) posee comportamiento elasto-plástico [5], un límite de fluencia mínima de 40 ksi (2812.23 kg/cm²) y con un módulo de elasticidad 29.500 ksi.

Gráfico N° 1. Lámina de Acero Acanalada (Steel deck)



Fuente: Construcción compuesta acero – concreto, Gerdau Corsa, (s.f.)

2.1.1.1 RECUBRIMIENTO MÍNIMO

Se recomienda por solicitaciones de incendio y control de vibración, fundir una losa de altura mínima de 5 cm sobre la cresta. Cuando se coloque malla electrosoldada por esfuerzo de temperatura y retracción de fraguado o refuerzo negativo esta armadura debe estar localizada entre 2 y 2.5 cm bajo el nivel superior de hormigón. [5]

2.1.1.2 HORMIGÓN

El concreto se utilizará lo recomendado por la norma ecuatoriana de la construcción (NEC 2015) para construcciones sismo resistentes con una resistencia mínima a la compresión de hormigón normal de $f'c = 21$ Mpa [6] No se permite el uso de aditivos o acelerantes que contengan sales clorhídricas ya que al contacto con acero de la placa podría producir corrosión sobre la lámina de acero. [5]

2.1.1.3 MALLA DE ACERO REFUERZO DE RETRACCIÓN

La malla de acero refuerzo por temperatura y retracción de fraguado demuestra un eficiente control de fisuras en la losa. La malla electrosoldada de alambón debe tener un área mínima de 0.00075 veces el área de concreto y refuerzo conformado por barras con resistencia a la fluencia mínima de $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ con una cuantía mínima de refuerzo el mayor entre $(0.0018 * 4200 / f_y)$ y 0.0014 con espaciamiento máximo de 5h y 18 pulg. [7] Además del control de grietas la malla incrementa la capacidad de carga en la losa en un 10%. El acero de refuerzo de momento negativo debe pasar por debajo de la malla y podrá estar sujeta a esta. [4]

2.1.1.4 DISEÑO

2.1.1.4.1 DISEÑO COMO FORMALETA

La geometría de la placa fue desarrollada para que pudiera trabajar como una formaleta permanente o como plataforma de trabajo segura y eliminar la utilización de encofrados temporales, además siendo capaz de soportar peso propio, carga de construcción y el peso del hormigón fresco. Debe cumplir los esfuerzos y deflexiones debe compararlos con los valores admisibles. [4]

CARGAS

Las cargas a considerar para el diseño como formaleta son: el peso propio del tablero, peso propio del concreto fresco y las cargas constructivas temporales una carga uniformemente distribuida de (1 kPa) y una carga concentrada de 150 lb (2.2 kN) que actúa en 1.00 m de ancho [4]. Debe hacer chequeos para condiciones límite de esfuerzo cortante y flexión y por deflexiones máximas de la lámina y demostrar si es capaz de soportar el peso propio del hormigón y las cargas de construcción para determinar el uso o no de apuntalamientos.

RESISTENCIA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

Los esfuerzos de tensión y de compresión por flexión en la lámina colaborante no deben exceder el 60% del esfuerzo de fluencia 2600 kg/cm². [4] $\sigma_{calculado} \leq \sigma_{admisible}$

$$\sigma_{admisible} = 0.6 * fy \leq 2600 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Ec. 1}$$

$$\sigma_{calculado} = M_{calculado} / S_{mínimo} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

$\sigma_{calculado}$ =Esfuerzo actuante en el acero (kg/cm²)

$\sigma_{admisible}$ =Esfuerzo admisible en el acero (kg/cm²)

fy = Esfuerzo de fluencia en el acero (kg/cm²)

$S_{mínimo}$ = Modulo mínimo de la sección efectiva. Difiere en el momento positivo y negativo (cm³)

$M_{calculado}$ = Momento flector actuante calculado (kg.cm)

DEFLEXIONES ADMISIBLES

Para el cálculo de las deflexiones verticales actuando como encofrado se considerará el peso del concreto de acuerdo al espesor de diseño y el de la lámina debido a que se diseña en el rango elástico. Las cargas de construcción no se deben tomar en cuenta ya que ésta se recuperará una vez que se retire dicha carga temporal [4]. Por lo tanto el cálculo de las deflexiones verticales debe limitarse a:

$$\delta_{calculada} \leq \delta_{admisible} = \text{menor} \left\{ \begin{array}{l} L/180 \\ 2.0 \text{ cm} \end{array} \right\} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

L = Luz libre entre apoyos (cm)

$\delta_{calculada}$ =Deflexión calculada (cm)

$\delta_{admisible}$ =Deflexión máxima admisible (cm)

SOPORTES ADICIONALES

Si los esfuerzos presentados durante la construcción sobrepasan a los parámetros máximos de esfuerzo y deflexiones, se utiliza apuntalamientos temporales localizados en el centro o tercios de los vanos. El tipo de apuntalamiento será indicado en los planos como su ubicación y tiempo de retiro. [4]

LONGITUD DE APOYO

La longitud de apoyo del tablero sobre las vigas debe determinarse utilizando la carga de concreto fresco, el peso propio de la lámina y una carga distribuida de 100 kg/m². Se recomienda utilizar una longitud de apoyo mínimo de 4 cm. En un sistema de fundición monolítica de una longitud de apoyo mínimo de 2.5 cm. [4]

2.1.1.4.2 DISEÑO COMO SECCIÓN COMPUESTA

Cuando el hormigón alcanza su resistencia máxima, la sección debe diseñarse como una losa de concreto reforzado, donde la lámina actúa como refuerzo positivo. La adherencia lamina-hormigón garantiza este comportamiento. Para la losa se tomará como simplemente apoyada o continúa sobre los apoyos depende de las restricciones y presencia de refuerzos. [4]

Aunque debe satisfacer los límites impuestos a los esfuerzos y a las deflexiones en el estado no compuesto el diseño como elementos compuestos debe suministrar una adecuada resistencia para sobre cargas hipotéticas. Los efectos de las cargas se aplican coeficientes de sobrecarga de servicio y coeficientes de reducción.

Los efectos de cargas mayoradas de acuerdo a la NEC [8]:

$$M_u = 1.2 CM + 1.6CV$$

Ec. 4

DEFLEXIONES

Las deflexiones verticales de losas compuestas deben calcularse de acuerdo a la teoría elástica aplicada a concreto reforzado.

- Las secciones planas antes de la flexión permanecen planas después de aplicada la flexión [9], lo que significa que las deformaciones unitarias longitudinales en el hormigón y en el acero en cualquier sección transversal al tablero son proporcionales a la distancia de las fibras desde el eje neutro de la sección compuesta.
- Para las cargas de servicio, los esfuerzos son proporcionales a las deformaciones en el acero y para el hormigón.
- Puede utilizarse la totalidad de la sección de acero excepto cuando ésta se ve reducida por huecos.
- El momento de inercia utilizado en las operaciones se determina como el promedio entre el momento de inercia de la sección agrietada y el de sección plena, sin fisuras. [4]

Las deflexiones verticales del sistema compuesto deben limitarse a los valores de la tabla.

Tabla N° 1. Deflexiones Máximas Calculadas Permisibles

Miembro	Condición		Deflexión considerada	Límite de Deflexión
Cubiertas planas	Que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes		Deflexión inmediata debida a L _r , S y R	1/180
Entrepisos			Deflexión inmediata debida a L	1/360
Cubiertas o entrepisos	Soporten o están ligados a elementos no estructurales	Susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	La parte de la deflexión total que ocurre después de la unión de los elementos no estructurales (la suma de la deflexión a largo plazo debida a todas las cargas permanentes, y la deflexión inmediata debida a cualquier carga viva adicional)	1/480
		No susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.		1/240

Fuente.- ACI 318-14. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural

Adicional al cálculo de deflexiones debe determinarse las de cargas inmediatas y a largo plazo. Las deflexiones causadas por retracción al fraguado y por el flujo plástico del concreto (“creep”) deben determinarse de la siguiente manera [7]:

$$\lambda = \frac{\varepsilon}{1+50\rho'} \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

ρ' = Cuantía del refuerzo a compresión en el centro del vano para luces simplemente apoyadas y continuas, y en el apoyo para voladizos.

Para el coeficiente ε :

Tabla N° 2. Factor de Dependiente del Tiempo para Cargas Sostenidas

Duración de la carga sostenida, meses	Factor dependiente del tiempo, ϵ
60 meses o más	2.0
12 meses	1.4
6 meses	1.2
3 meses	1.0

Fuente.- ACI 318-14. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural

DISEÑO A FLEXIÓN MÉTODO DE RESISTENCIA ÚLTIMA

Tomaremos en cuenta que existen dos condiciones para la determinación del momento último, la primera al trabajar con una losa sub-reforzada en la cual la capacidad de la lámina los momentos será de condición crítica, la segunda cuando estemos ante una losa sobre-reforzada el cual el acero de la lámina es excesivo y el momento estará sujeto a la capacidad del concreto a tomar el momento [10]. Y debemos verificar la cuantía del sistema es menor o mayor que la cuantía balanceada.

Cuantía balanceada:

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot f'c}{f_y} * \frac{0.003 \cdot (t - h_r)}{(0.003 + f_y/E_S) \cdot d} \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

ρ_b = cuantía balanceada de acero de refuerzo.

β_1 = 0.85 para concretos menores a $f'c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$

t = espesor nominal fuera a fuera de la losa (cm)

d = altura efectiva de la parte superior de la losa de concreto al centroide del acero a tensión

- h_r = altura de la lámina colaborante
 $f'c$ = resistencia a la compresión especificada para hormigón (kg/cm²)
 f_y = esfuerzo de fluencia del acero

El método de diseño de última resistencia se utiliza solo con la presencia de un número suficiente de conectores de cortante para alcanzar la capacidad máxima a momento de la sección compuesta. La cual debe verificarse $M_u \leq \phi * M_n$.

Donde:

- M_u = Momento total actuante mayorado (T.m)
 M_n = Momento nominal resistente (T.m)
 ϕ = Coeficiente de reducción de resistencia: $\phi = 0.90$

El momento nominal resistente viene dado por:

$$M_n = 0.85 * A_s * f_y * \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad \text{Ec. 7}$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'c * b} \quad \text{Ec. 8}$$

Donde:

- A_s = Área de acero usada como refuerzo positivo, área de la lámina.
 f_y = fluencia del acero
 b = Ancho de análisis. Normalmente se toman losas de ancho 1.00 m
 A = Profundidad del bloque en compresión del concreto

COMPRESIÓN EN EL CONCRETO

Cuando el elemento tipo viga sufre deflexión, sea debido a carga o a giros, se suceden efectos a compresión y de tracción. Para controlar los efectos de compresión del concreto, el ACI estipula que dicho esfuerzo S_{adm} será igual al 45% del $f'c$ [7].

$$\sigma_{calculado} \leq \sigma_{admisible} = 0.45 * f'c \quad \text{Ec. 9}$$

$$\sigma_{calculado} = \frac{M_{cs} + M_{pp}}{S_{cc} * N} \quad \text{Ec. 10}$$

Donde:

$\sigma_{calculado}$	= Esfuerzo actuante calculado para el concreto
S_{cc}	=Modulo de la sección compuesta para fibra superior del concreto
N	= relación modular, E_s/E_c
M_{cs}	=Momento flector de las cargas sobre impuestas (kg.cm) carga muerta sobre impuesta más carga viva. Viga simplemente apoyada $q_{cs} * L^2/8$
M_{pp}	= Momento flector debido al peso propio (kg.cm)

RESISTENCIA DE ADHERENCIA A CORTANTE

Una de las forma de falla más comunes en la losa compuesta es la falla a corte y la de adherencia la cual produce un deslizamiento horizontal por esta razón que utilizamos variedad de dispositivos para la transferencia de cortante y consiste en que las láminas tienen de acero tiene resaltes en la superficie las cuales sirven para evitar el desprendimiento y la geometría de la misma el desprendimiento vertical. Los conectores situados en los apoyos forman restricciones para evitar el desplazamiento relativo entre la lámina y la losa de hormigón. [1]

La resistencia de adherencia a cortante se trabaja con esfuerzo último de acuerdo:

$$v_u = \phi * v_n \quad \text{Ec. 11}$$

$$v_u = \frac{V_u}{bd} \quad \text{Ec. 12}$$

Donde:

v_u = Esfuerzo cortante de adherencia último actuante

v_n =Esfuerzo cortante de adherencia nominal resistente.

ϕ = Factor de reducción de resistencia al corte por adherencia $\phi=0.80$

$$V_u = \gamma \frac{W_{upp}b}{2} L_e + \frac{W_{ucs}b}{2} L_e \quad \text{Ec. 13}$$

Donde:

V_u = Fuerza cortante última

b = Ancho de análisis. Normalmente se toman losas de ancho 1.00 m

d = Altura desde la parte superior de la losa de concreto hasta el centroide del refuerzo en tensión

γ = Factor de carga por tipos de apoyo durante la construcción.

W_{upp} = Carga última producida por el peso propio de la losa (peso propio de la lámina y peso propio del hormigón)

W_{ucs} = carga última producida por la carga sobreimpuesta

L_e = longitud de la luz libre

Esfuerzo cortante de adherencia nominal resistente

$$v_n = \frac{V_n}{bd} \quad \text{Ec. 14}$$

$$V_n = \left(0.3162 * k * \sqrt{f'c} + \frac{m\rho d}{l'} \right) * bd \quad \text{Ec. 15}$$

Donde:

V_n = Fuerza cortante de adherencia nominal resistente

K, m = Constantes determinadas experimentalmente

B = Ancho de análisis.

l' = distancia de carga concentrada al apoyo más cercano en el ensayo de dos cargas concentradas simétricas.

ESFUERZOS CORTANTES EN EL HORMIGÓN

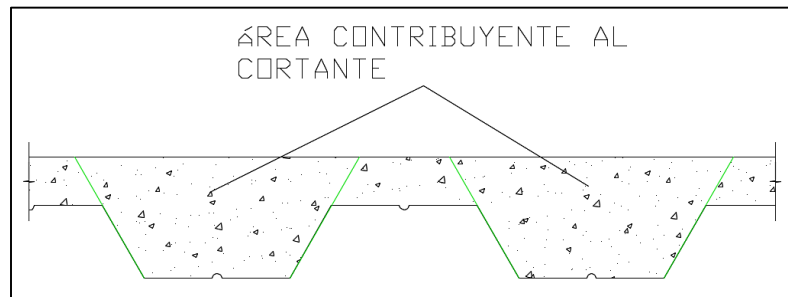
La resistencia al corte proporcionado por el concreto V_c se supone que es la misma para vigas con y sin esfuerzos por corte, se toma como el corte que provoca un agrietamiento inclinado significativo.

Al no llevar acero adicional por corte este tipo de sistemas de losas, se acepta que el corte será tomado netamente por la losa de concreto, y se obvia que la lámina de acero pueda aportar en la resistencia del corte. Así, se considera que el cortante nominal o capacidad de tomar el cortante por parte del sistema es:

$$V_n = 0.53 * \sqrt{f'c} * A_c \quad \text{Ec. 16}$$

Área de concreto que contribuye a tomar el cortante:

Gráfico N° 2. Área Contribuyente al Cortante del Concreto



Elaborado por: Mercy S. Barroso B.

El cortante último será:

$$V_u = \gamma \frac{W_{upp}b}{2} L_e + \frac{W_{ucs}b}{2} L_e \quad \text{Ec. 17}$$

Requisito que se deberá cumplir $V_u \leq \phi * V_n$

Coefficiente de reducción al corte $\phi=0.85$

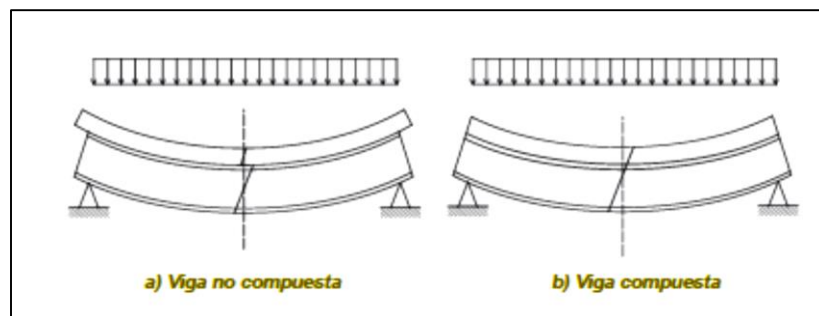
2.1.1.6 CONECTORES DE CORTANTE

Los conectores de corte son elementos de acero, cuya función principal es contrarrestar los esfuerzos de corte que se generan en la sección compuesta (lámina de acero - hormigón) controlando y reduciendo las deformaciones además impide la separación vertical entre losa y viga [10].

Los conectores de cortante son esenciales para el desarrollo de acción compuesta debido a que las losas construidas con lámina colaborante tiene como objetivo distribuir las cargas horizontales, generadas por efectos de viento o de sismo, a los elementos estructurales de la estructura de soporte que hacen parte del sistema de pórticos o de sistemas basados en muros estructurales [4].

Es necesario diseñar cuidadosamente la conexión del diafragma al sistema estructural de soporte para garantizar una adecuada transmisión de fuerzas cortante generadas.

Gráfico N° 3. Comparación de Vigas Deformadas con y sin Acción Compuesta

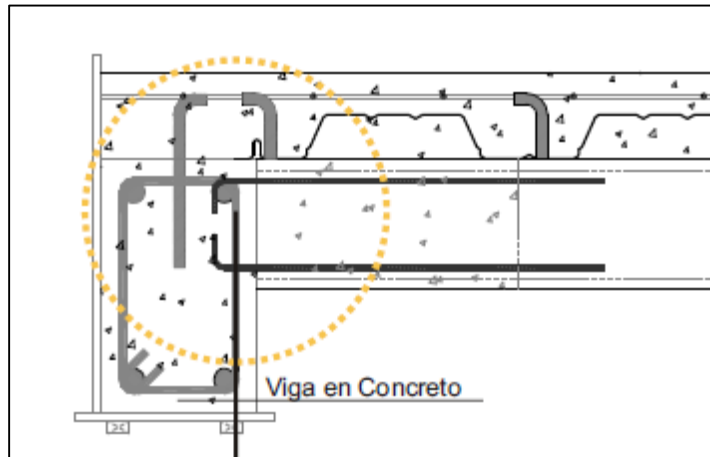


Fuente: Construcción Compuesta Acero – Concreto, Gerdau Corsa, (s.f.)

Los conectores de cortante para las conexiones de la losa compuesta a estructuras de concreto deberá despreciarse normalmente la posible transferencia de corte que se

presenta en eventuales áreas de contacto entre el concreto de la losa y el concreto del elemento de soporte. Deberá disponerse de un sistema de conexión mecánico que garantice la totalidad de la fuerza de corte mayorada generada por las cargas horizontales de diseño [4].

Gráfico N° 4. Conexión Losa Compuesta y Viga de Hormigón

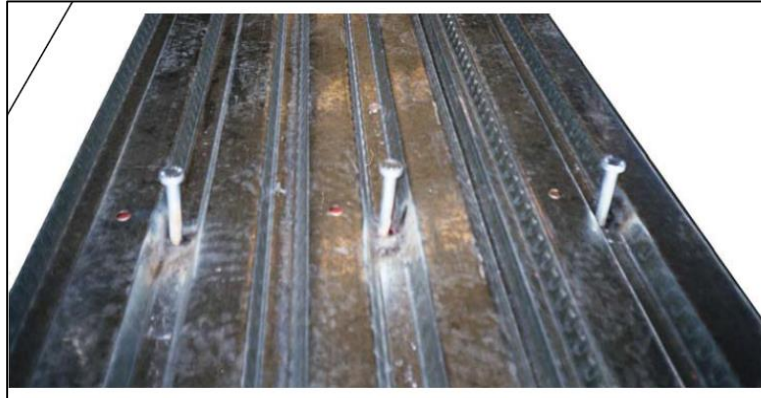


Fuente: Manual de instalación del producto, Deck Steel,

VENTAJAS DEL USO DE CONECTORES

- Un mejor aprovechamiento de las alturas de edificación.
- El conector de cortante realiza una unión permanente entre la losa y la viga de apoyo, permitiendo que estos dos elementos trabajen en forma conjunta.
- Contrarrestar los esfuerzos de cortante horizontal.
- La sección compuesta da como resultado una mayor área resistente a la compresión, permitiendo que se pueda disminuir el peralte de la viga y por lo tanto el costo del sistema, ahorrando hasta un 20 % en peso.

Gráfico N° 5.Conectores de Cortante Tipo Espigo



FUENTE: A. Deck, Manual Técnico para el uso de Placas Colaborantes para Losas de Entrepiso

RECOMENDACIONES

El código para diseño de elementos compuestos del American Institute of Steel Construction (AISC), de Estados Unidos para el diseño de factores de carga y resistencia (Load Resistance Factor Design - LRFD) de año 1996 nos presenta el código para placas con mínimo de peralte de 1 ½” y no mayor a 3” con espesor mínimo de 2” sobre el valle los conectores de cortante no serán diámetros mayores a 19mm. La cantidad de conectores por valle no debe ser mayor a 3 en el sentido transversal. [11]

TIPOS DE CONECTORES DE CORTANTE

Debido a investigaciones realizadas a diferentes tipos de elementos utilizados como conectores de cortante. Estos resultados han establecido importancia a variables tales como las características geométricas y material del conector, la resistencia y el módulo de elasticidad. [1]

Conectores de cortante tipo tornillo.

Para conectores de cortante tipo tornillo los estudios limitan a uso de la siguiente ecuación:

$$Q_n = 0.14 * A_{cp} \sqrt{f'c * E_c} * \left(\frac{s}{d_{cp}} \right)^{0.25} \leq A_{cp} F_u \quad \text{Ec. 18}$$

Donde:

A_{cp} = Área de la sección transversal del conector tipo tornillo

d_{cp} = Diámetro nominal del conector tipo tornillo

$f'c$ = Resistencia especificada a compresión del hormigón

E_c = Módulo de elasticidad del hormigón

F_u = Resistencia a la tensión mínima especificada de los conectores tipo tornillo

S = Separación longitudinal centro entre los conectores tipo tornillo

Conectores de cortante tipo espigo

Los conectores tipo stud, se asemejan a un perno sin rosca, con un vástago y una cabeza, con dimensiones estandarizadas.

$$Q_n = 0.5 * A_{sc} \sqrt{f'c * E_c} \leq A_{sc} F_u \quad \text{Ec. 19}$$

Donde:

Q_n = Esfuerzo nominal de un conector de cortante

A_{sc} = Área de la sección transversal del conector de espigo

F_u = Esfuerzo de fluencia del conector.

E_c = Modulo de elasticidad del concreto.

Conectores de cortante tipo varilla

La flexibilidad, la resistencia, y ductilidad de la varilla son importantes para el comportamiento conjunto con el hormigón.

Su forma de corrugación aporta a una mínima concentración de esfuerzos en el momento en que la fatiga actúa, debido a la carga estas características hacen aptas para el uso como conectores de cortante para demostrar la capacidad de transferir cortante de la losa a la viga de hormigón. Por lo que hacemos uso de la fórmula del flujo de corte que es la siguiente:

$$f = \frac{V*Q}{I} \quad \text{Ec. 20}$$

La relación del esfuerzo cortante entre la deformación unitaria por cortante. Indica la rigidez de un material bajo cargas de esfuerzo de corte con una relación entre módulo de elasticidad, elasticidad de corte y la relación de poisson:

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)} \quad \text{Ec. 21}$$

Donde:

- f = Flujo de corte
- V = Cortante en el diagrama de momento
- Q = Momento de inercia
- E = Módulo de elasticidad
- M = Relación de poisson

ESPACIAMIENTO DE LOS CONECTORES DE CORTANTE

El espaciamiento de los conectores de cortante dependerá de la resistencia al corte del conector y del flujo de corte último o fuerza cortante última por unidad de longitud [4]. La fórmula para el cálculo de espaciamiento es la siguiente:

$$e = \frac{Q_t}{S_u} \leq 800mm \quad \text{Ec. 22}$$

Donde:

e = Espaciamiento de diseño promedio para los conectores

Q_t = Resistencia al corte de conectores

S_u = $S \cdot FS$, Fuerza cortante última por unidad de longitud

S = Flujo de corte o fuerza cortante promedio por unidad de longitud determinada para diseño

FS = Factor de seguridad

RECUBRIMIENTO DE LOS CONECTORES DE CORTANTE

Los conectores de cortante requieren un recubrimiento de al menos 1 plg de acuerdo a AISC. [12]

2.2 HIPÓTESIS

LOS CONECTORES DE CORTANTE INFLUYEN EN LA TRANSMISIÓN DE ESFUERZOS DE LA LOSA COMPUESTA HACIA LA VIGA DE HORMIGÓN QUE GARANTIZA EL TRABAJO COMO UNA SOLA UNIDAD.

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1 Variable Independiente:

Conectores de cortante.

2.3.2 Variable Dependiente:

Comportamiento en la unión losa compuesta y viga de hormigón.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

INVESTIGACIÓN APLICADA

El estudio tiene como propósito determinar la influencia de los conectores de cortante en la transmisión de esfuerzos que proporciona la losa compuesta hacia el elemento estructural soportante que es la viga de hormigón y garantizar que trabajen como una sola unidad.

INVESTIGACIÓN LABORATORIO

Para el desarrollo de la presente investigación y obtención de resultados es necesario la elaboración de prototipos que representa la unión losa compuesta y viga de hormigón con diferentes tipos de conectores de cortante los cuales serán ensayos en un laboratorio que cumpla con los equipos necesarios para el análisis y cumplir con el propósito expuesto.

INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

La investigación es experimental debido a que se necesita ejecutar ensayos a flexión en diversos prototipos con los diferentes tipos de conectores de cortante en la unión losa compuesta y viga de hormigón los cuales han sido seleccionados por las propiedades de cada material y la capacidad de transferir esfuerzo cortante.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

En esta investigación el objeto de estudio son prototipos que representa la unión losa compuesta y viga de hormigón por lo cual no se puede cuantificar el universo. Con la

finalidad de estudio se elaboraran y ensayaran los siguientes: 1 prototipo con un modelo fundido monolíticamente de losa y viga con conectores de cortante tipo estribo, 2 prototipos utilizando como conectores de cortante tipo tornillo, 2 prototipos con conectores de cortante tipo espigo y 2 modelos con conectores de cortante tipo U de varilla corrugada Ø8mm, cada uno será analizado con diferentes espaciamientos en la ubicación de los conectores de cortante, obteniendo un total de 7 prototipos, se ensayará a los 28 días de edad para garantizar la resistencia a la compresión del hormigón. Esto permitirá analizar la influencia de los conectores de cortante.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 Variable Independiente

Conectores de cortante

Tabla N° 3. Variable Independiente

Concepto	Categoría	Indicador	Ítems	Técnicas e instrumentos
Son elementos de acero capaces de tomar esfuerzos de corte generadas en la sección compuesta garantizando que trabajen como una sola unidad.	Conectores de cortante	Tipo	¿Qué tipo de conector de cortante garantiza el trabajo como una unidad?	Ensayos de laboratorio
		Resistencia	¿Cuál es la resistencia al cortante de cada conector?	Investigación bibliográfica y experimental
		Espaciamiento	¿Influye en la transmisión de esfuerzos el espaciamiento de los conectores de cortante?	Ensayos de laboratorio y análisis de comparación de resultados

Fuente.- Mercy S. Barroso B.

3.3.2 Variable Dependiente

Comportamiento en la unión losa compuesta y viga de hormigón

Tabla N° 4. Variable Dependiente

Concepto	Categoría	Indicador	Ítems	Técnicas e instrumentos
La unión de la losa compuesta y la viga de hormigón llegan a un comportamiento interactuando como una sola unidad estructural a flexión capaz ganar mayor resistencia.	Losa compuesta	Lámina colaborante	¿Cuál será la función de la lámina en la estructura?	Investigación bibliografía.
		Hormigón	¿La calidad del hormigón influye en el comportamiento como sección compuesta?	Norma INEN y ASTM
	Viga	Acero de Refuerzo	¿Qué influencia tiene el acero en la sección compuesta?	Ensayos de laboratorio y análisis de comparación de resultados

Fuente.- Mercy S. Barroso B.

3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Tabla N° 5. Plan de Recolección de Información

Preguntas Básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	Para analizar la influencia de los conectores de cortante en la unión losa compuesta y viga de hormigón.
2. ¿De qué personas u objetos?	De prototipos que representa la unión losa compuesta y vigas de hormigón con diferentes tipos de conectores de cortante.
3. ¿Sobre qué aspectos?	Influencia de los conectores de cortante en la transmisión de esfuerzos de la losa compuesta a la viga de hormigón.
4. ¿Quién?	Mercy Soraida Barroso Barroso
5. ¿Dónde?	Laboratorios de Resistencia de Materiales de la Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
6. ¿Cómo?	- Ensayos de laboratorio - Investigación bibliográfica

Fuente.- Mercy S. Barroso B.

3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

El plan de procesamiento y análisis de la información estará estructurado de la siguiente manera:

- Revisión crítica y detallada de la información recolectada.
- Tabulación de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.
- Representación gráfica de resultados.
- Verificación de la hipótesis mediante la comparación con los resultados del laboratorio y los obtenidos teóricamente.
- Determinación de conclusiones y recomendaciones

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RECOLECCIÓN DE RESULTADOS

4.1.1 Análisis Matemático del Prototipo

Para el ensayo se elaborará 7 prototipos que representan la unión losa compuesta y viga de hormigón, cada una con diferentes conectores de cortante (arco, tornillo, espigo y estribo). Para el análisis teórico se analizó una sección transversal específica del prototipo que está sometida a esfuerzos de compresión y solicitudes de tracción. (Los manuales establecen que el análisis en una losa compuesta y viga de hormigón se realiza como una viga T). En el gráfico N°6 se sintetiza el modelo matemático del prototipo y los resultados teóricos que se desea alcanzar en los ensayos.

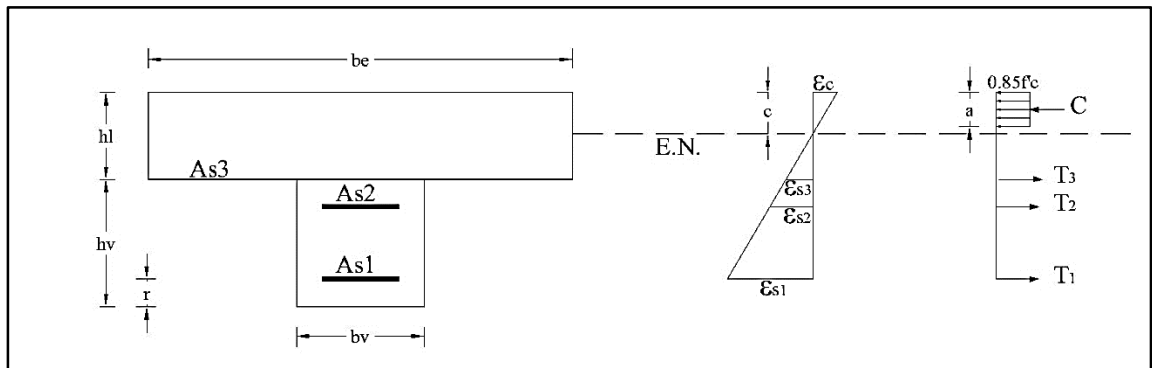
Cálculo del Momento Resistente del Elemento Compuesto

Datos del prototipo:

$b_v = 15\text{cm}$	Base de viga
$h_v = 15\text{cm}$	Altura de viga
$h_l = 10.2\text{ cm}$	Altura de losa
$b_e = 50\text{cm}$	Ancho efectivo de losa
$r = 3\text{cm}$	Recubrimiento
$A_{s1} = 1.58\text{cm}^2$	Área de acero a tracción de la viga
$A_{s2} = 1.58\text{ cm}^2$	Área de acero a compresión de la viga
$A_{s3} = 0.325\text{ cm}^2$	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
$E_{s1}=2.1E6 \text{ kg/cm}^2$	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

Gráfico N° 6. Diagrama Esfuerzo y Deformación del Elemento Compuesta



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Los códigos establecen que el hormigón en zona de compresión no debe sobre pasar una deformación máxima de $\epsilon=0.003$.

$$\frac{\epsilon_{s1}}{\epsilon_c} = \frac{(ht-c-r)}{c} \quad \text{Ec. 23}$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{0.003 * (25.2 - 1.6265 - 3)}{1.6265} = \mathbf{0.0379}$$

$$\frac{\epsilon_{s2}}{\epsilon_c} = \frac{(ht+r-c)}{c} \quad \text{Ec. 24}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{0.003 * (10.2 + 3 - 1.6265)}{1.6265} = \mathbf{0.0213}$$

$$\frac{\varepsilon_{s3}}{\varepsilon_c} = \frac{(hl-c)}{c} \quad \text{Ec. 25}$$

$$\varepsilon_{s3} = \frac{0.003 * (10.2 - 1.6265)}{1.6265} = \mathbf{0.0158}$$

Todo el acero a tracción debe superar el esfuerzo de fluencia entonces sí: $f_s \Rightarrow f_y$ se concluye como falla dúctil.

$$f_{s1} = E_{s1} * \varepsilon_{s1} \quad \text{Ec. 26}$$

$$f_{s1} = 2.1 E6 * 0.0379 = 79590 \text{ kg/cm}^2$$

$$\mathbf{79590 \text{ kg/cm}^2 > 4200 \text{ kg/cm}^2}$$

$$f_{s2} = E_{s2} * \varepsilon_{s2}$$

$$f_{s1} = 2.1 E6 * 0.0213 = 44730 \text{ kg/cm}^2$$

$$\mathbf{44730 \text{ kg/cm}^2 > 4200 \text{ kg/cm}^2}$$

La placa colaborante al estar unida a la viga y funcionar como un solo elemento compuesto también interviene en la resistencia a tensión por lo tanto se verifica si supera los esfuerzos de fluencia. Fluencia de la placa colaborante:

$$f_{s3} = E_{s3} * \varepsilon_{s3}$$

$$f_{s3} = 2070023,91 * 0.0158 = 32706.38 \text{ kg/cm}^2$$

$$\mathbf{32706.38 \text{ kg/cm}^2 > 2812.23 \text{ kg/cm}^2}$$

Cálculo de la tensión de la sección compuesta:

Acero:

$$T1 = A_{s1} * f_y \quad \text{Ec. 27}$$

$$T1 = 1.57 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^2 = \mathbf{6594 \text{ kg}}$$

$$T2 = As2 * fy$$

$$T2 = 1.57 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^2 = \mathbf{6594 \text{ kg}}$$

Placa colaborante:

$$T3 = As3 * fy$$

$$T3 = 0.325 \text{ cm}^2 * 2812.23 \text{ kg/cm}^2 = \mathbf{913.97 \text{ kg}}$$

Tensión total:

$$\Sigma T = T1 + T2 + T3 \quad \text{Ec. 28}$$

$$\Sigma T = \mathbf{14101.97 \text{ kg}}$$

Cálculo de compresión de la sección compuesta:

$$C = 0.85 * f'c * a * be \quad \text{Ec. 29}$$

$$C = 0.85 * 240 \text{ kg/cm}^2 * 5\text{cm} * 50\text{cm} = \mathbf{51000 \text{ kg}}$$

Cálculo de la profundidad del eje neutro:

$$C = T \quad \text{Ec. 30}$$

$$0.85 * f'c * a * be = As * fy \quad \text{Ec. 31}$$

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

$$a = \frac{14101.97 \text{ kg}}{0.85 * 240 \text{ kg/cm}^2 * 50\text{cm}} = 1.3825 \text{ cm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{1.3825}{0.85} = \mathbf{1.6265 \text{ cm}}$$

Donde:

c= Profundidad del eje neutro.

a= Profundidad del bloque equivalente.

Cálculo del momento nominal de la sección compuesta:

$$Mn = T1 * \left(ht - r - \frac{a}{2} \right) + T2 * \left(hl + r - \frac{a}{2} \right) + T3 * \left(hl - \frac{a}{2} \right) \quad \text{Ec. 32}$$

$$Mn = 6594 * \left(25.2 - 3 - \frac{1.3825}{2} \right) + 6594 * \left(10.2 + 3 - \frac{1.3825}{2} \right) + 913.97 * \left(10.2 - \frac{1.6265}{2} \right)$$

$$Mn = 232086.1349 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$\mathbf{Mn = 2.321 \text{ ton} - \text{m}}$$

$$Mu = \phi * Mn \quad \text{Ec. 33}$$

$$\mathbf{Mu = 2.089 \text{ ton} - \text{m}}$$

Para el cálculo del modelo matemático del prototipo fundido monolíticamente es el mismo procedimiento y la ubicación del eje neutro es **c=1.612 cm**. Y llega a fluir el acero longitudinal y el acero de la placa, el cálculo de momento nominal esperado llega a **Mn=1,636ton-m**.

Cálculo de la Deflexión Permisible

$$\Delta_{perm} = \frac{L}{480} + 0.3 \text{ cm} \quad \text{Ec. 34}$$

$$\Delta perm = \frac{90}{480} + 0.3cm = 0.50cm$$

$$n = \frac{Es}{Ec} = \frac{2.1 \times 10^6}{188643.19} = 11.13 \quad \text{Ec. 35}$$

$$\frac{be}{n} = \frac{50}{11.13} = 4.49 \quad \text{Ec. 36}$$

$$Ac = \frac{be}{n} * hc = 4.49 * 5 = 22.456cm^2 \quad \text{Ec. 37}$$

$$yc = \frac{22.456 * (15 + 5.2 + 2.5) + (22.5 * 7.5)}{(22.87 + 22.5)} = 15.09cm$$

$$I = \frac{\frac{be}{n} * hc^3}{12} + I + Ac \left(d + \frac{hc}{2} - yc \right)^2 \quad \text{Ec. 38}$$

$$I = \frac{1391.25}{12} + \frac{15 * 15^3}{12} + 22.456 * (15 + 5.2 + 2.5 - 15.09)^2$$

$$I = 5635.16 cm^4$$

$$Ws = 145.27 kg$$

$$\Delta E = \frac{5 * Ws * L^4}{384 * EI} \quad \text{Ec. 39}$$

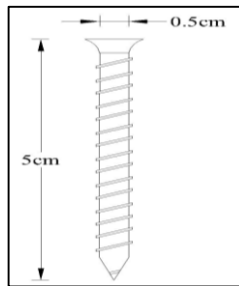
$$\Delta E = \frac{5 * 145.27 * 90^4}{384 * 2.1E6 * 5635.16} = 0.01 cm$$

0.1 < 0.5 ok

Cálculo de la Resistencia al cortante de los Conectores

Tipo tornillo Ø5mm

Gráfico N° 7. Conector Tipo Tornillo



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

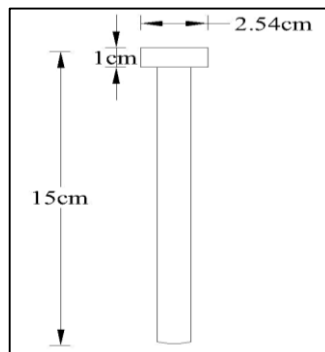
$$Q_n = 0.14 * A_{cp} * \sqrt{f'_c * E_c} * \left(\frac{s}{d_{cp}}\right)^{0.25} \quad \text{Ec.18}$$

$$Q_n = 0.14 * 0.1963 * \sqrt{240 * 188643.19} * \left(\frac{27}{0.5}\right)^{0.25}$$

$$Q_n = 501.27 \text{ kg}$$

Tipo espigo ½"

Gráfico N° 8. Conector Tipo Espigo



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

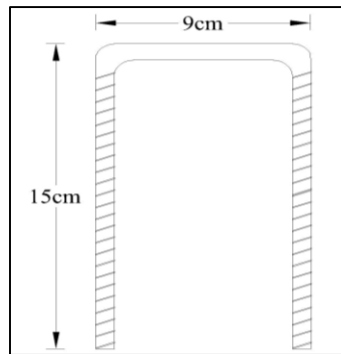
$$Qn = 0.5 * Asa * \sqrt{f'c * Ec} \quad \text{Ec. 19}$$

$$Qn = 0.5 * 1.2667 * \sqrt{240 * 188643.19}$$

$$Qn = 4261.57 \text{ kg}$$

Tipo arco con varilla Ø8mm

Gráfico N° 9. Conector Tipo Arco



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Módulo de elasticidad al cortante

$$G = \frac{E}{2*(1+V)} \quad \text{Ec.21}$$

$$V = 0.27 \text{ para acero}$$

$$G = \frac{42000 \text{ ton/m}^2}{2 * (1 + 0.27)} = 16535.4 \text{ ton/m}^2$$

$$F = G * A \quad \text{Ec. 40}$$

$$F = 16535.4 \text{ ton/m}^2 * 5.027E - 5 = 0.8311 \text{ ton}$$

$$F = 831.159 \text{ kg}$$

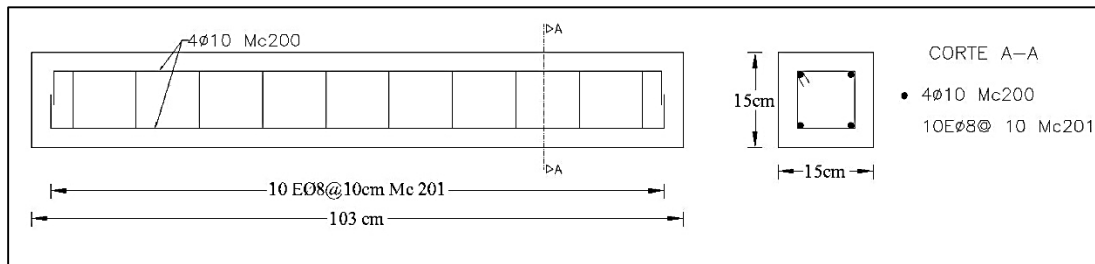
Para la resistencia en el conector de cortante tipo arco se multiplica por dos por la forma:

$$F = 831.159 \text{ kg} * 2 = 1662.318 \text{ kg}$$

4.1.2 Elaboración de los Prototipos

Se procedió con la elaboración del armado del acero de las vigas de hormigón con diámetros mínimos usados comúnmente en ensayos con Ø10mm para varillas longitudinales y Ø8mm para varillas transversales. Segundo paso fue cortar la placa colaborante con las dimensiones de 0.5m de largo y 1.03m de ancho utilizando el ancho total de metaldeck. Siguiendo paso se elaboró los encofrados de madera para las vigas y losas y además se cortó la malla electrosoldada.

Gráfico N° 10. Armado de Viga




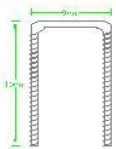
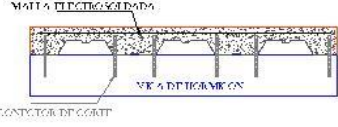
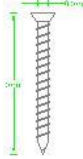
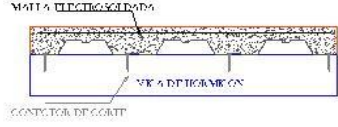
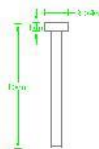
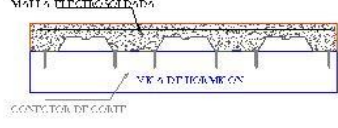
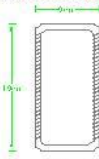
Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Gráfico N° 11. Planilla de Hierros

PLANILLA DE ACERO VIGAS												
Mc	TIPO	φ	#	dimensiones					TRASLAPE	longitud desarrollada	longitud total	OBSERV.
				a	b	c	d	ganchos				
DIAFRAGMA TIPO 1												
PANTALLA												
200	C	10	4	2x 0.07	1x 0.97					1.10	4.40	
201	O	8	10	2x 0.09	2x 0.09					0.36	3.60	
RESUMEN DE ACERO												
DIAMETRO		8 mm	10 mm	14 mm	16 mm	18 mm	20	22 mm	25 mm	32 mm		
PESO/m		0.395 kg	0.617 kg	1.208 kg	1.578 kg	1.998 kg	2.466 kg	2.984 kg	3.853 kg	6.313 kg		
LONGITUD		3.60	4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
PESO (kg)		1.42	2.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
TOTAL DE ACERO PARA UNA VIGA											4.13 kg	
TOTAL DE ACERO PARA SIETE VIGAS											28.93 kg	

Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Gráfico N° 12.-Prototipos a Ensayarse

<p style="text-align: center;">LOSA N° 1</p> 	<p style="text-align: center;">CONECTOR TIPO ARCO Ø6mm</p>  <ul style="list-style-type: none"> - Malla electrosoldada de Ø 5.5mm cada 15 cm. - Viga de hormigón de 15x15 cm. - Altura de losa 10.2 cm - Conector de cortante tipo varilla conugada doblada en arco. - Fluencia del acero $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$. - $f_c= 240 \text{ kg/cm}^2$
<p style="text-align: center;">LOSA N° 2</p> 	<p style="text-align: center;">CONECTOR TIPO TORNILLO</p>  <ul style="list-style-type: none"> - Malla electrosoldada de Ø 5.5mm cada 15 cm. - Viga de hormigón de 15x15 cm. - Altura de losa 10.2 cm - Conector de cortante tipo tornillo. - Fluencia del acero $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$. - $f_c= 240 \text{ kg/cm}^2$
<p style="text-align: center;">LOSA N° 3</p> 	<p style="text-align: center;">CONECTOR TIPO PERNO</p>  <ul style="list-style-type: none"> - Malla electrosoldada de Ø 5.5mm cada 15 cm. - Viga de hormigón de 15x15 cm. - Altura de losa 10.2 cm - Conector de cortante tipo perno. - Fluencia del acero $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$. - $f_c= 240 \text{ kg/cm}^2$
<p style="text-align: center;">LOSA N° 4</p> 	<p style="text-align: center;">CONECTOR TIPO ESTRIBO FUNDIDO MONOLITICAMENTE</p>  <ul style="list-style-type: none"> - Malla electrosoldada de Ø 5.5mm cada 15 cm. - Viga de hormigón de 15x15 cm. - Altura de losa 10.2 cm - Conector de cortante tipo estribo - Fluencia del acero $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$. - $f_c= 240 \text{ kg/cm}^2$

Fuente.- Mercy S. Barroso B.

1. Preparación del Hormigón de $f'c$ de 240kg/cm² con una dosificación determinada por el método de la Universidad Central, a partir de ensayos de los agregados que se obtuvieron de la Cantera Villacrés Sector La Península.

Se comenzó colocando todos los materiales en una bandeja (arena, ripio, cemento y agua) correctamente pesados de acuerdo a la dosificación.

Gráfico N° 13. Mezclado de los Agregados



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

2. Fundición de las Vigas primero se engrasó los encofrados para evitar que el hormigón se adhiera a la madera. Posteriormente se colocó el hormigón en tres capas con un corrector vibrado y se garantizó que el armado cumpla con los recubrimientos establecidos para el ensayo en todos los lados.

Gráfico N° 14. Engrasado de los Encofrados



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

3. Colocación de los Conectores de Cortante en cada viga con las distancias establecidas por cada valle, se comprobó que cumpla con la norma requerida del recubrimiento del conector de cortante y longitud mínima que sobresalen del valle.

Gráfico N° 15. Colocado de los Diferente Conectores de Cortante



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

4. Toma de Muestras de cilindros de hormigón de acuerdo a la norma ASTM para el ensayo a compresión y el módulo de elasticidad de hormigón que se usó en el laboratorio de la Universidad Técnica de Ambato para el llenado de los cilindros. Para la toma de muestra se limpiaron y engrasaron los cilindros. A continuación se llenaron los cilindros

con hormigón en tres capas a 1/3 de su altura compactadas con 25 golpes en espiral con una varilla lisa de punta redonda de diámetro de 16mm y 15 golpes con un martillo de goma alrededor del molde con el objeto de eliminar el aire del cilindro, se enrasó la superficie y se identificó, siguiente paso fue pesar y almacenar en el área de curado durante 24 horas posteriormente se desmoldó y se sumergió en agua durante 28 días antes del ensayo.

Gráfico N° 16. Llenado de los Moldes de Cilindros



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

5. Ubicación de la Placa Colaborante sobre las vigas de hormigón armado, se realizó al siguiente día del fundido de las vigas, para garantizar el apoyo completo de la losa sobre la viga. Una vez finalizada la instalación de metaldeck se procedió al encofrado con madera de 50 cm de ancho y 1.03 m de largo con altura de 10,2cm.

Se utilizó apoyos temporales en los volados del prototipo para garantizar que no fleje con el peso del hormigón fresco.

Después de la manipulación de la placa quedó correctamente nivelada garantizando que cumpla con las dimensiones antes mencionadas del prototipo para el ensayo.

Gráfico N° 17. Encofrado de la Losa Compuesta



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

La malla electrosoldada que se utilizó para la losa compuesta fue de diámetro de 5.5mm y cuadrículas de 15x15cm esencial en una losa estructural para evitar el fisuramiento dado por el efecto de fraguado y temperatura que sufre el hormigón. Durante el fundido de la losa la malla cumplió con el recubrimiento mínimos de 2.5 cm.

Durante el vaciado del hormigón se vibró para la que se quede correctamente adherida a la placa colaborante. Después se realizó el enlucido de la losa al ras de la altura del encofrado.

Gráfico N° 18. Fundido y Vibrado de la Losa



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Posteriormente se identificó cada prototipo con el tipo y número de conectores de cortante. Para el curado de los prototipos se realizó dos veces al día en la primera semana y después una vez al día durante 28 días para el posterior ensayo.

Gráfico N° 19. Curado de los Prototipos



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

4.1.3 Resultado de los Ensayos

Transcurridos los días del curado de los prototipos que representan la unión losa compuesta y viga de hormigón con 4 diferentes conectores de cortante como fueron el de tipo tornillo, espigo, arco y estribo cada uno con dos muestras con separaciones diferentes, se realizó al análisis de la influencia que generan y como forman un solo elemento entre la viga y la losa, mejorando la resistencia máxima a la flexión como elemento compuesto, la distribución de esfuerzos e impedir el deslizamiento horizontal y la separación vertical entre la losa y viga, fallas presentes en la viga y el la losa, pérdida de adherencia entre el hormigón y la placa colaborante los que se vieron reflejados en sus respectivos ensayos.

Para la manipulación del prototipo y colocación en la máquina Universal se usó un tecele que facilita el montaje y se utilizó apoyos metálicos para el ensayo que cumplieron con las características establecidas de simplemente apoyados con una luz de análisis para todos los del elemento de 90 cm.

Gráfico N° 20. Equipo para Manipulación de Prototipos



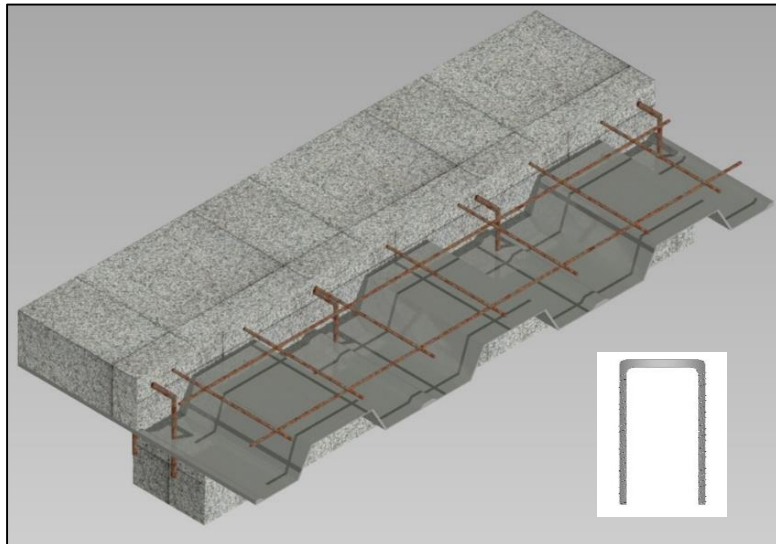
Fuente.- Mercy S. Barroso B.

4.1.3.1 Ensayo Losa N° 1 (Cuatro Conectores Tipo Arco)

Descripción

El primer prototipo ensayado contaba con conectores de cortante tipo de arco de varilla corrugada doblados en ángulo de 90° y longitud de 15 cm de largo, la estructura comprende los siguientes componentes:

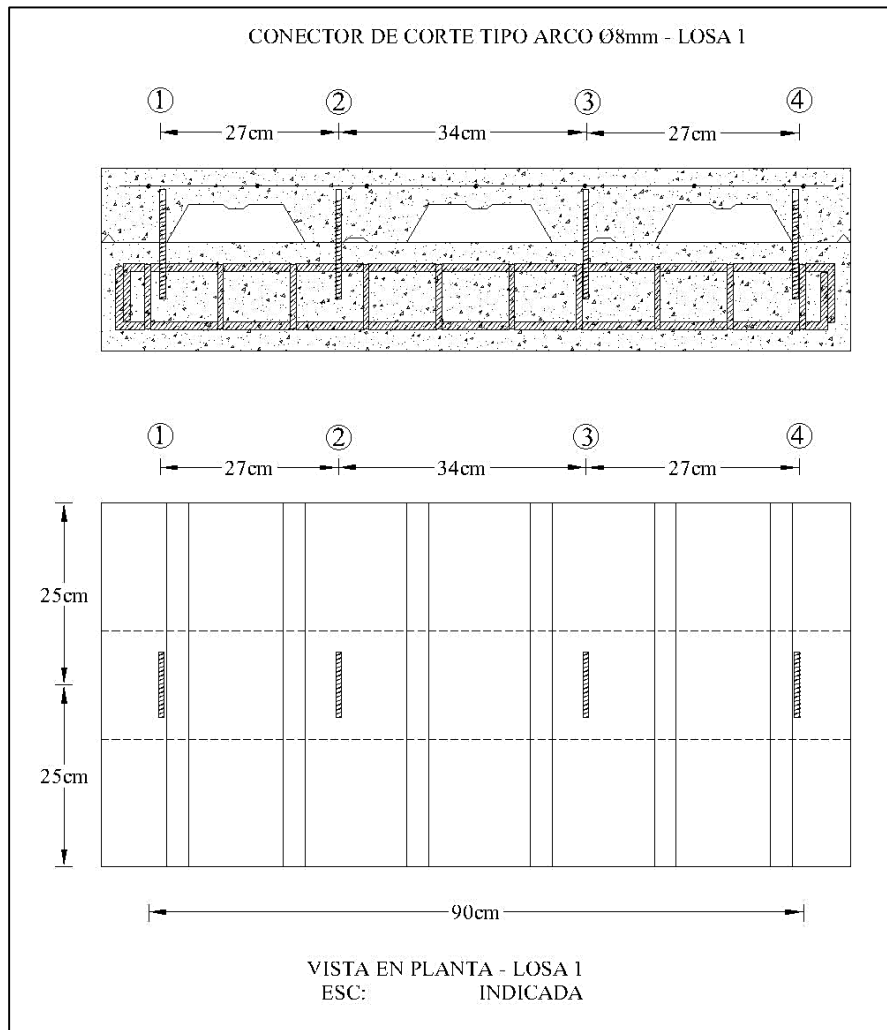
Gráfico N° 21. Prototipo N°1 (4 Conectores Tipo Arco)



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

- **Losa:** 50x103 cm y altura de 10.2cm.
- **Placa colaborante:** Metaldeck G90 40ksi.
- **Malla electrosoldada:** $f_y=4200$ kg/cm² de Ø5.5@15.
- **Hormigón:** $f'_c=240$ kg/cm².
- **Viga de H°A°:** 15x15cm y 103cm de longitud.
- **Tipo de conector:** 4 conectores tipo arco de varilla corrugada Ø8mm.

Gráfico N° 22. Losa 1 – Conector Tipo Arco Ø8mm

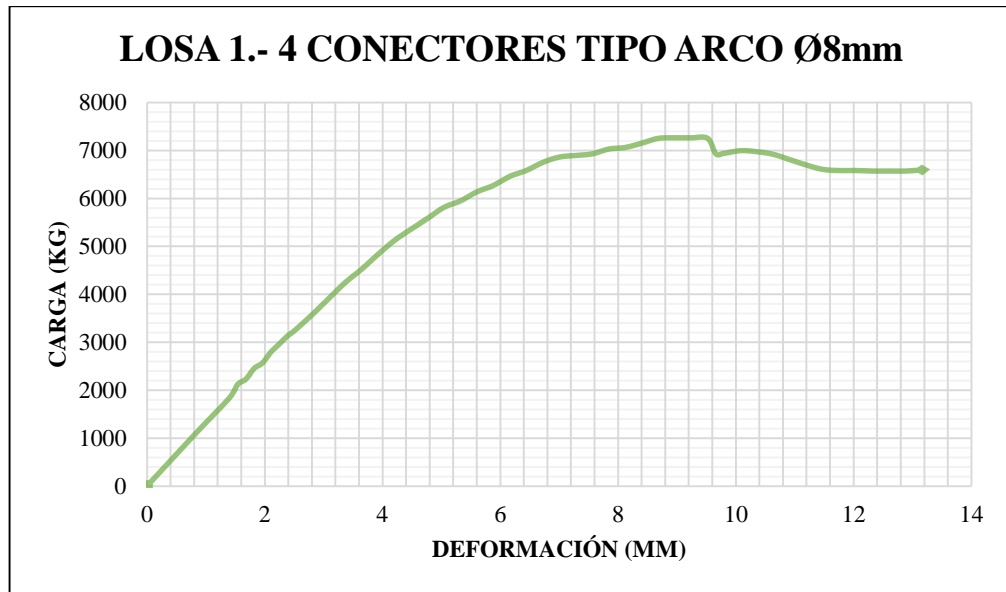


Fuente.- Mercy S. Barroso B.

El prototipo N°1 correspondió a la unión losa compuesta y viga de hormigón con cuatro conectores de cortante tipo arco de varilla corrugada de Ø8mm, en el que se obtuvo una capacidad de carga última de 7285.71 [Kg].

El proceso de aplicación de carga que se sometió al elemento compuesto correspondió con una velocidad mínima para identificar el tipo de falla que se presenta a lo largo del ensayo.

Gráfico N° 23. Diagrama Carga vs Deformación Losa 1



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Adherencia

La pérdida de adherencia entre la placa y el hormigón comenzó en la aplicación de carga de 6163.265 [Kg] se hizo evidente con una separación de 2mm a la longitud del valle de la placa.

Gráfico N° 24. Pérdida de adherencia con el incremento de carga



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Desplazamiento entre la Losa Compuesta y la Viga de Hormigón

Al final del ensayo se observó el desplazamiento horizontal entre la losa compuesta y la viga de hormigón que se identificó marcando la posición inicial en donde se apoyaba la placa sobre la viga y la posición en donde se encontraba al final del ensayo así se midió la distancia de desplazamiento que fue de 1.5cm. Y no existió separación vertical.

Gráfico N° 25. Desplazamiento Losa Compuesta – Viga de H°A°

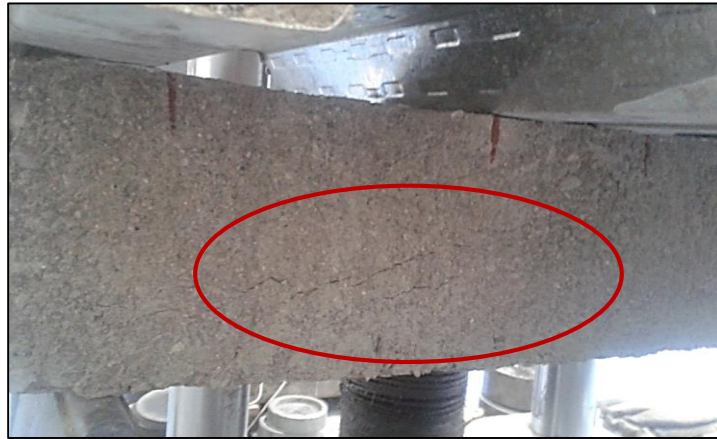


Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Falla en la Viga de Hormigón

Durante la aplicación de la carga de 2112.91 [Kg] apareció las primeras fisuras en la viga de hormigón armada. Al final del ensayo quedaron fisuras de 2 a 3mm de abertura las cuales se dieron en el centro de la viga en la parte inferior por que se identificó como falla por flexión como se evidencia en el Gráfico N°26. También se observó que aparecieron fallas cerca de los conectores de cortante por concentración de esfuerzos.

Gráfico N° 26. Fisuras en la Viga de H°A°



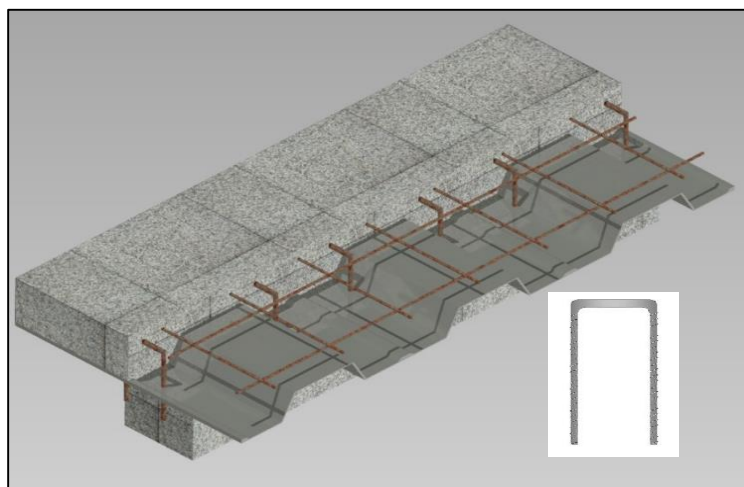
Fuente.- Mercy S. Barroso B.

4.1.3.2 Ensayo Losa N°2 (Seis Conectores Tipo Arco)

Descripción

El segundo prototipo ensayado contaba con el mismo tipo de conectores de cortante que el prototipo N°1 (tipo arco de varilla corrugada de Ø8mm doblado en ángulo de 90°) pero con dos conectores por valle y estaba compuesto con la siguiente estructura:

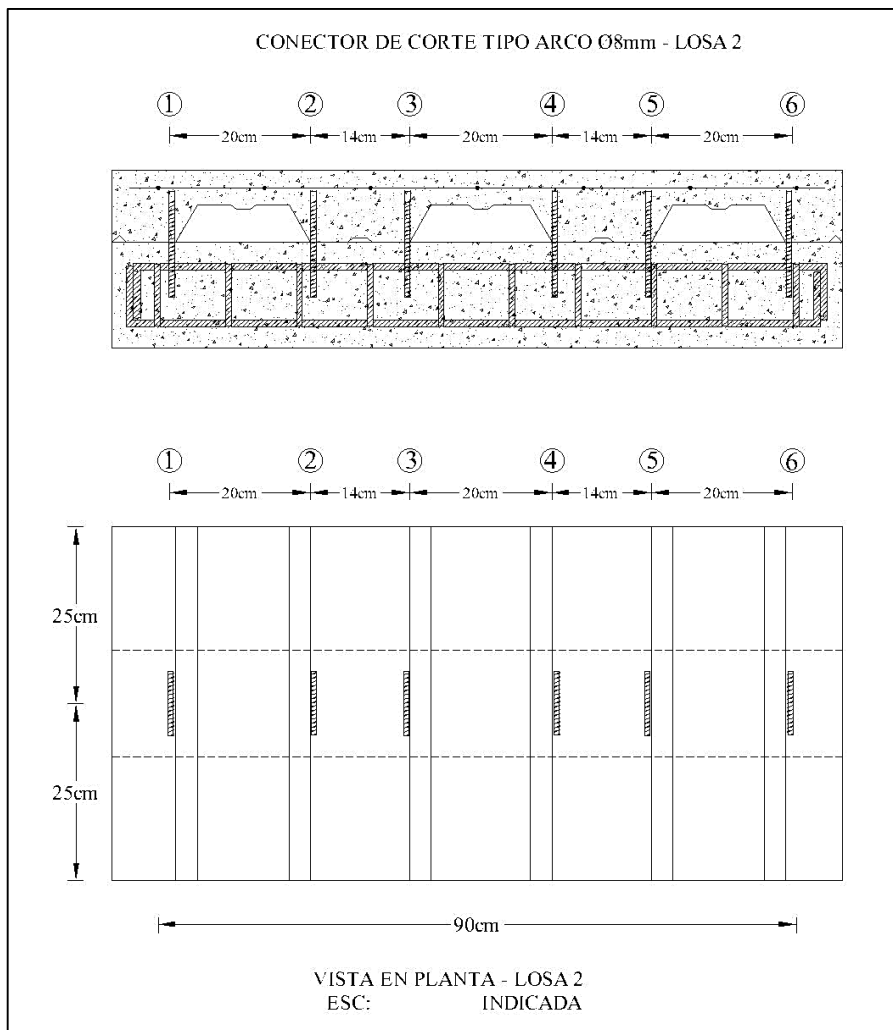
Gráfico N° 27. Prototipo N°2 (6 Conectores Tipo Arco)



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

- **Losa:** 50x103 cm y altura de 10.2cm.
- **Placa colaborante:** Metaldeck G90 40ksi.
- **Malla electrosoldada:** $f_y=4200$ kg/cm² de Ø5.5@15.
- **Hormigón:** $f'_c=240$ kg/cm².
- **Viga de H°A°:** 15x15cm y 103cm de longitud.
- **Tipo de conector:** 6 conectores tipo arco de varilla corrugada Ø8mm.

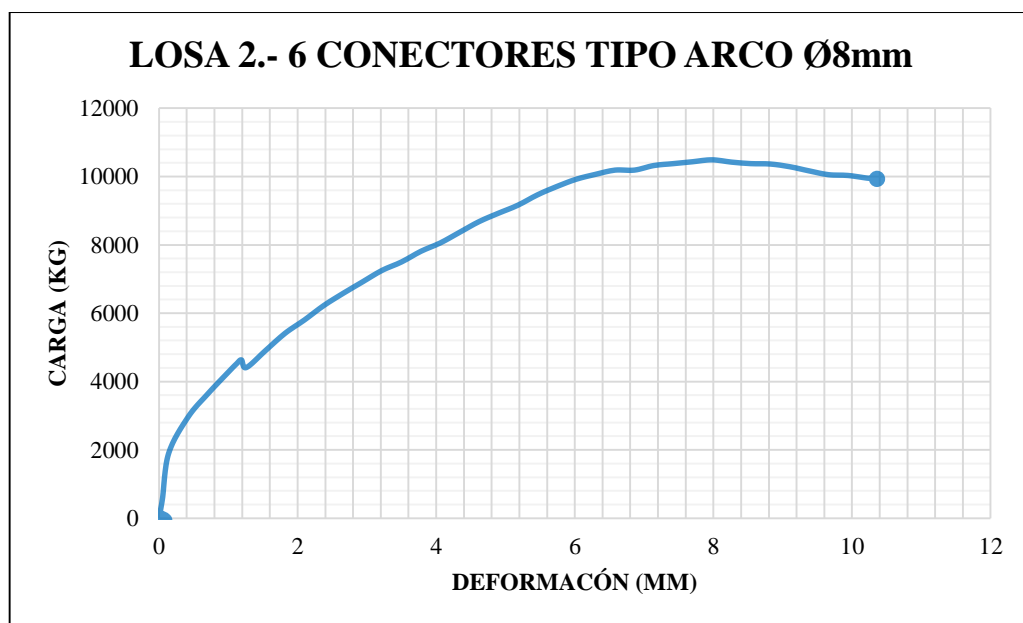
Gráfico N° 28. Losa 2 – Conector Tipo Arco Ø8mm



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

El prototipo N°2 representó la unión losa compuesta y viga de hormigón con seis conectores de cortante de tipo arco de varilla corrugada de Ø8mm en la que se obtuvo una capacidad de carga última de 10485.71 [Kg] soportando mayor carga que el prototipo anterior que estaba compuesto con el mismo tipo de conector de cortante con una diferencia en el número de conectores por valle. Mejorando el desempeño como elemento compuesto.

Gráfico N° 29. Diagrama Carga vs Deformación Losa 2



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Adherencia

La pérdida de adherencia entre la placa y el hormigón comenzó en la aplicación de carga de 8928.57 [Kg] en donde se observó una la separación de 1 y 2mm entre el hormigón y la placa. Es visible que la estructura de la placa garantizó una mayor adherencia con el hormigón.

Gráfico N° 30. Pérdida de Adherencia entre la Placa Colaborante y el Hormigón



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Desplazamiento entre Losa Compuesta y la Viga de Hormigón

Al final del ensayo se observó el desplazamiento existente entre la losa compuesta y la viga de hormigón que midió 1cm desde la posición inicial a la posición final, siendo menor el desplazamiento comparado con el prototipo N°1 con cuatro conectores de cortante, pero aun así no impidió el desplazamiento.

Gráfico N° 31. Desplazamiento Losa Compuesta – Viga de H°A°



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Falla en la Viga de Hormigón

Durante la aplicación de carga de 2591.07 [Kg] aparecieron las primeras fisuras en la viga de hormigón armado las que se identificó como falla por corte debido a la ubicación cerca de los apoyos, además de fisuras en dirección de los conectores de cortante formadas por concentración de esfuerzos.

Gráfico N° 32. Fisuras en la Viga de H°A°



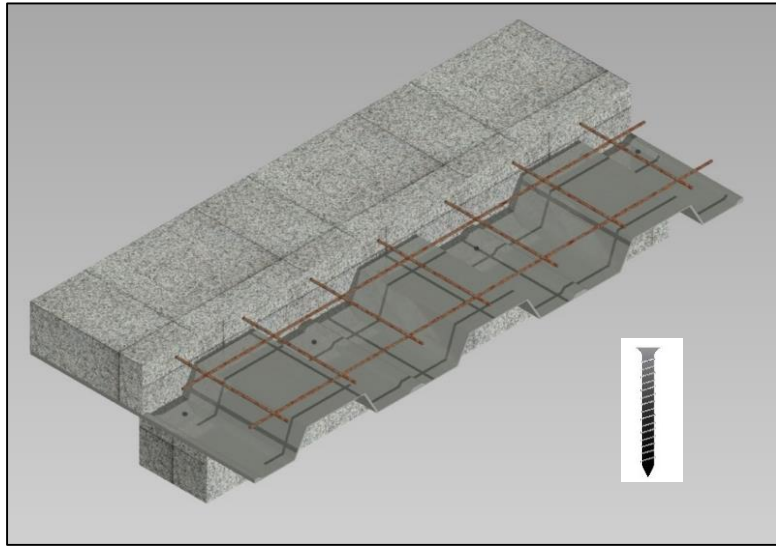
Fuente.- Mercy S. Barroso B.

4.1.3.3 Ensayo Losa N°3 (Cuatro Conectores Tipo Tornillo)

Descripción

El tercer prototipo ensayado contaba con cuatro conectores de cortante tipo tornillo de longitud de 5cm y Ø5mm como se indica en el gráfico N° 33. La estructura constaba con los siguientes componentes:

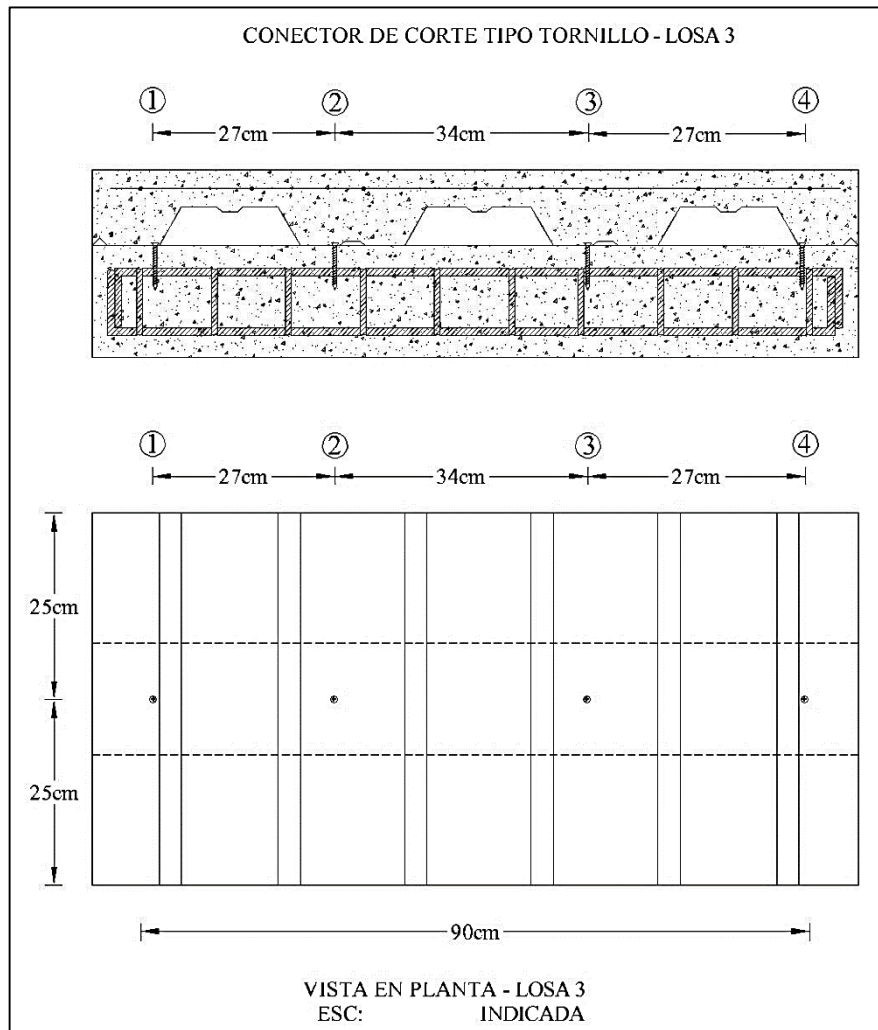
Gráfico N° 33. Prototipo N°3 (4 Conectores Tipo Cortante)



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

- **Losa:** 50x103 cm y altura de 10.2cm.
- **Placa colaborante:** Metaldeck G90 40ksi.
- **Malla electrosoldada:** $f_y=4200$ kg/cm² de Ø5.5@15.
- **Hormigón:** $f'_c=240$ kg/cm².
- **Viga de H°A°:** 15x15cm y 103cm de longitud.
- **Tipo de conector:** 4 conectores tipo tornillo.

Gráfico N° 34. Losa 3 – Conector Tipo Tornillo

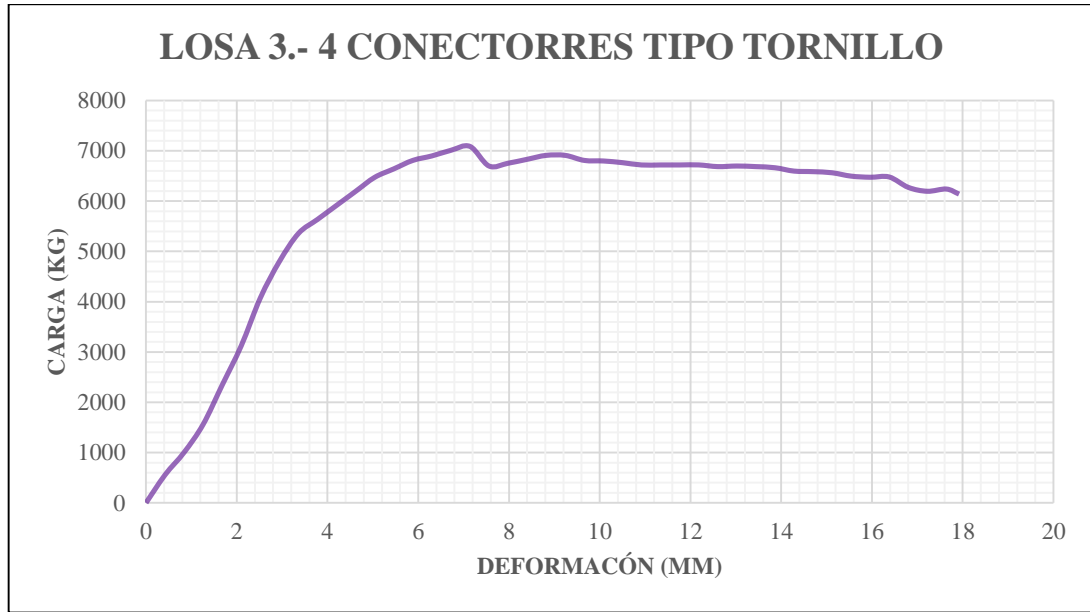


Fuente.- Mercy S. Barroso B.

El prototipo N°3 correspondió a la unión losa compuesta y viga de hormigón con cuatro conectores de cortante tipo tornillo que comúnmente se utiliza para el traslape de las placas. En el prototipo se obtuvo una capacidad de carga última de 7114.29 [Kg].

Por lo tanto el conector de cortante fue capaz de transferir esfuerzo de corte de la losa compuesta a la viga pero no satisface con la característica necesaria para formar un solo elemento.

Gráfico N° 35. Diagrama Carga vs Deformación Losa 3



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Adherencia

La pérdida de adherencia entre la placa y el hormigón comenzó en la aplicación de carga de 6697.14 [Kg] en donde se observó la separación entre la placa y el hormigón y el desprendimiento de hormigón en los bordes del prototipo.

Gráfico N° 36. Pérdida de Adherencia entre la Placa Colaborante y el Hormigón



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Desplazamiento entre Losa Compuesta y la Viga de Hormigón

Al final del ensayo se observó el desplazamiento dado entre la losa compuesta y la viga de hormigón de 1.5 cm y existió falla total por corte en los conectores de cortante del centro del prototipo es decir se rompieron los conectores.

Gráfico N° 37. Desplazamiento Losa Compuesta – Viga de H°A°



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Falla en la Viga de Hormigón

Durante la aplicación de carga de 2232.55 [Kg] aparecieron fisuras en la viga de hormigón armado por flexión y por corte, al no garantizar la absorción y transferencia de esfuerzos de corte del conector de la losa a la viga cada elemento soportó la carga individualmente.

Gráfico N° 38. Fisuras en la Viga de H°A°



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

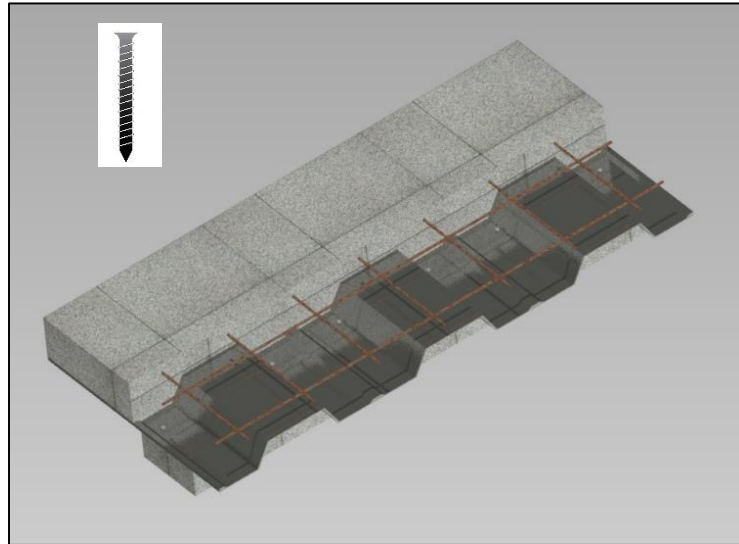
4.1.3.4 Ensayo Losa N° 4 (Seis Conectores Tipo Tornillo)

Descripción

El cuarto prototipo ensayado fue construido con los mismos conectores de cortante tipo tornillo de longitud de 5cm y $\varnothing 5\text{mm}$, con una diferencia en el número de conectores de cortante por valle como si observa en la figura N°39.

La estructura consta con los siguientes componentes:

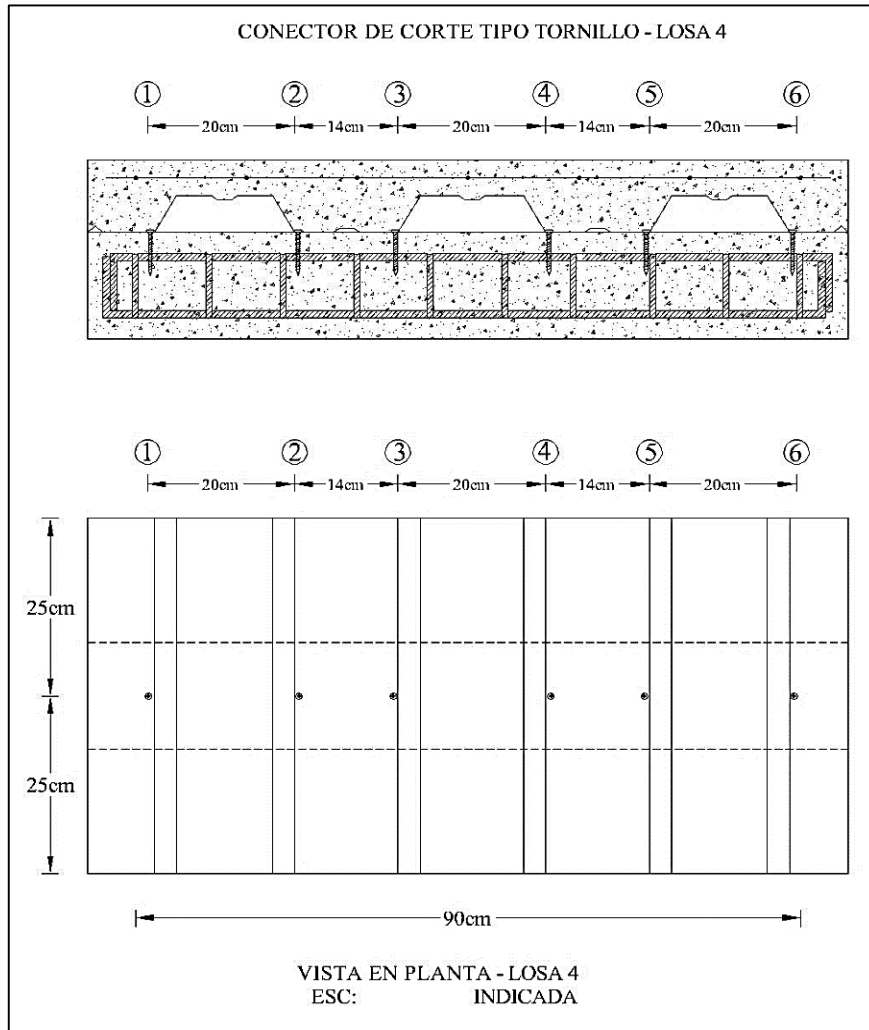
Gráfico N° 39. Prototipo N°4(Seis Conectores Tipo Tornillo)



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

- **Losa:** 50x103 cm y altura de 10.2cm.
- **Placa colaborante:** Metaldeck G90 40ksi.
- **Malla electrosoldada:** $f_y=4200$ kg/cm² de Ø5.5@15.
- **Hormigón:** $f'_c=240$ kg/cm².
- **Viga de H°A°:** 15x15cm y 103cm de longitud.
- **Tipo de conector:** 6 conectores tipo tornillo.

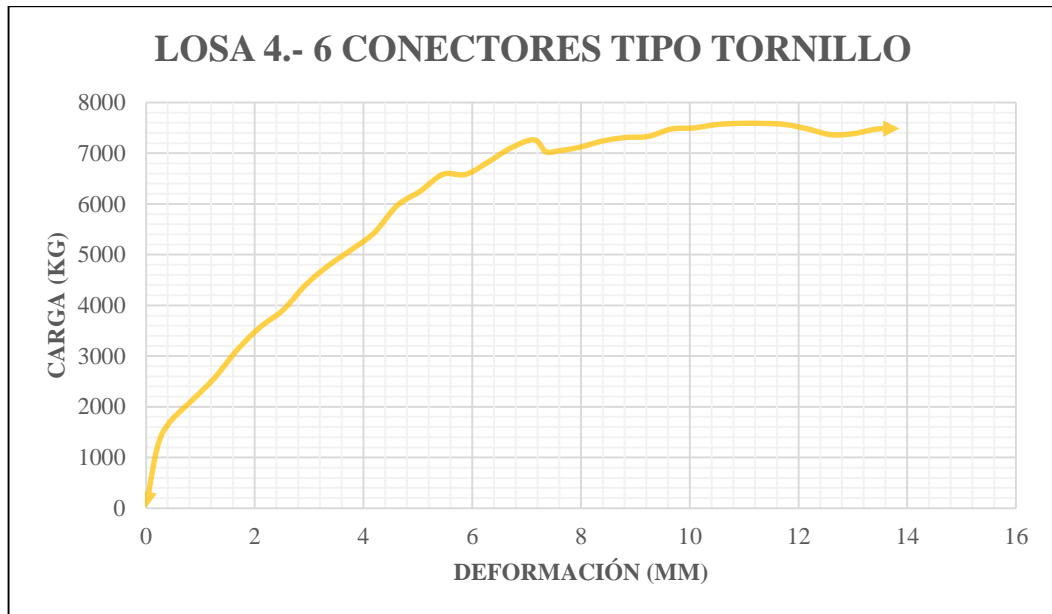
Gráfico N° 40. Losa 4 – Conector Tipo Tornillo



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

El prototipo N°4 correspondió a la unión losa compuesta y viga de hormigón con seis conectores de cortante tipo tornillo en el que se obtuvo una capacidad de carga última de 7585.71 [Kg]. Este elemento se desempeñó mejor que el prototipo N°3 con 4 conectores.

Gráfico N° 41. Diagrama Carga vs Deformación Losa 4



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Adherencia

La pérdida de adherencia entre la placa y el hormigón se hizo visible en la aplicación de carga de 5580 [Kg] con una separación de 2mm en el valle de la placa metálica.

Gráfico N° 42. Pérdida de Adherencia entre la Placa Colaborante y el Hormigón



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Desplazamiento entre Losa Compuesta y la Viga de Hormigón

Al final del ensayo se observó el desplazamiento horizontal de 1.2cm entre la losa compuesta y la viga de hormigón.

Gráfico N° 43. Desplazamiento Losa Compuesta – Viga de H°A°



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Falla en la Viga de Hormigón

Durante la aplicación de carga de 2551.22 [Kg] aparecieron fisuras en la viga de hormigón armado, mostrando dos tipos de falla por flexión en el centro de la viga y por corte cerca de los apoyos además cerca de los conectores de cortante dados por concentración de esfuerzos.

Gráfico N° 44. Fisuras en la Viga de H°A°



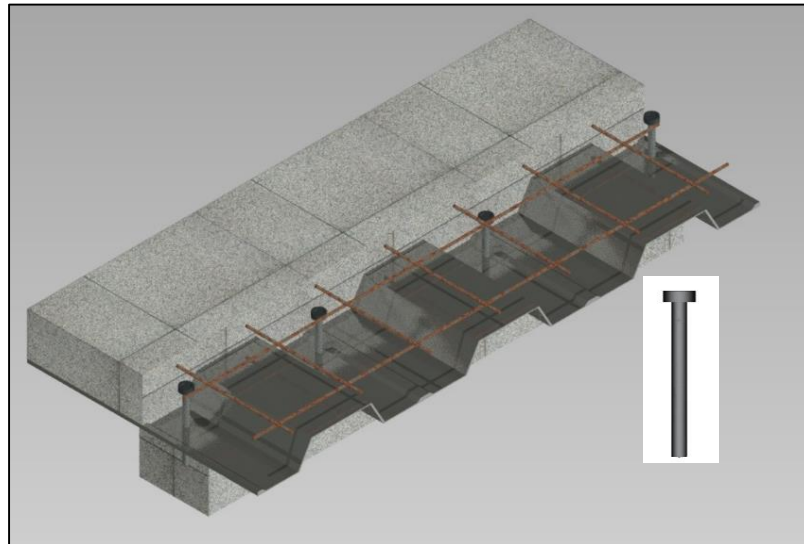
Fuente.- Mercy S. Barroso B.

4.1.3.5 Ensayo Losa N° 5 (Cuatro Conectores Tipo Espigo)

Descripción

El quinto prototipo ensayado contaba con cuatro conectores de cortante tipo espigo de longitud de 15cm y $\varnothing 12.7\text{mm}$, este tipo de conector de cortante es generalmente usado para elementos compuestos con perfiles de acero. El prototipo consta con los siguientes componentes:

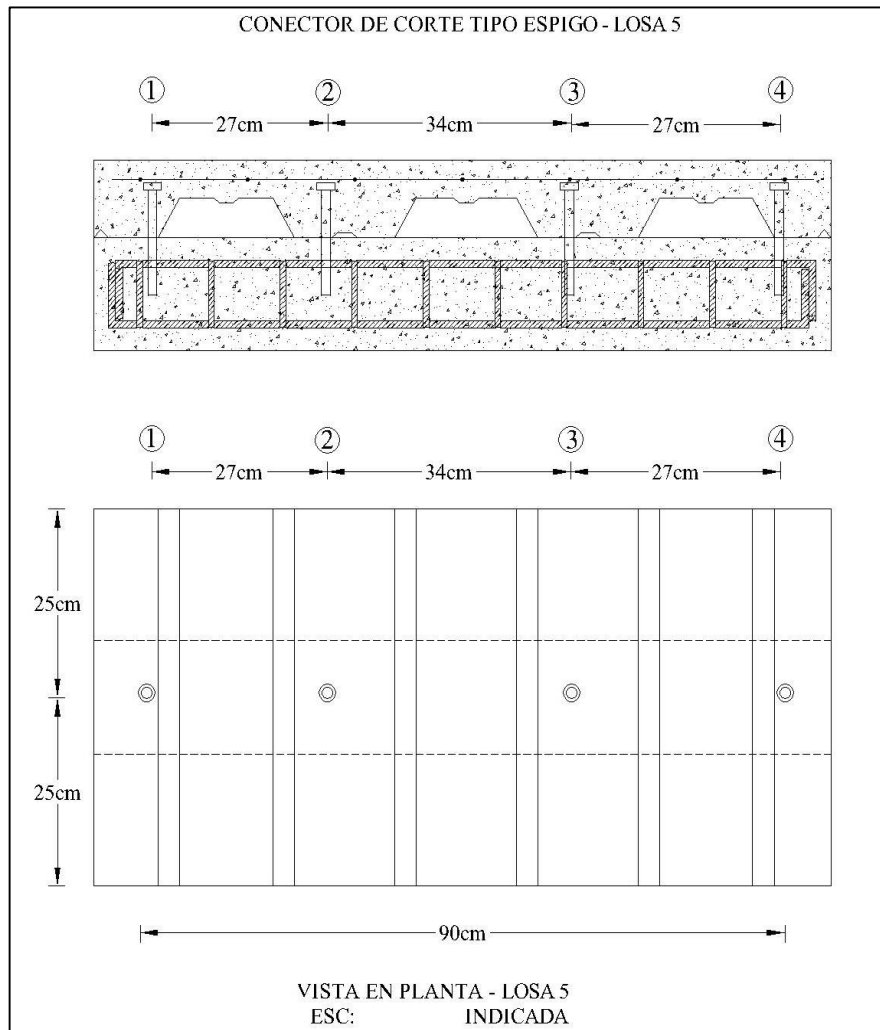
Gráfico N° 45. Prototipo N°5 (4 Conectores Tipo Espigo)



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

- **Losa:** 50x103 cm y altura de 10.2cm.
- **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 de H°A°:** 15x15cm y 103cm de longitud.
- **Tipo de conector:** 4 conectores tipo espigo.

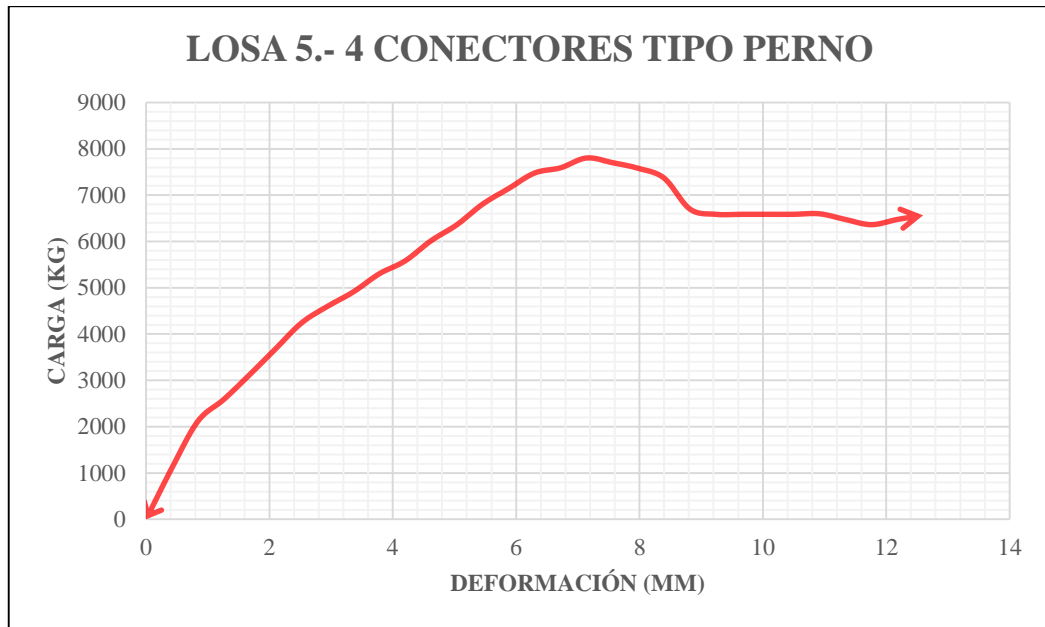
Gráfico N° 46. Losa 5 – Conector Tipo Espigo



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

El prototipo N°5 correspondió a la unión losa compuesta y viga de hormigón con cuatro conectores de cortante tipo espigo se obtuvo una capacidad de carga última de 7771.43[Kg].

Gráfico N° 47. Diagrama Carga vs Deformación Losa 5



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Adherencia

La pérdida de adherencia entre la placa y el hormigón se hizo visible en la aplicación de carga de 5421.22 [Kg] midiendo una separación entre la placa metálica y el hormigón de 2mm.

Gráfico N° 48. Pérdida de Adherencia entre la Placa Colaborante y el Hormigón



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Desplazamiento entre Losa Compuesta y la Viga de Hormigón

Al final del ensayo se observó el desplazamiento entre la losa compuesta y la viga de hormigón de 1.5 cm, para la identificación se usó el mismo proceso marcando la posición inicial de apoyo del valle de la losa y midiendo hasta la posición final.

No existe falla en los conectores de cortante.

Gráfico N° 49. Desplazamiento Losa Compuesta – Viga de H°A°



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Falla en la Viga de Hormigón

Durante la aplicación de carga de 1849.92 [Kg] aparecieron fisuras en la viga de hormigón armada que se identificó como fallas a cortante por la dirección y ubicación de las fisuras.

Gráfico N° 50. Fisuras en la Viga de H°A°



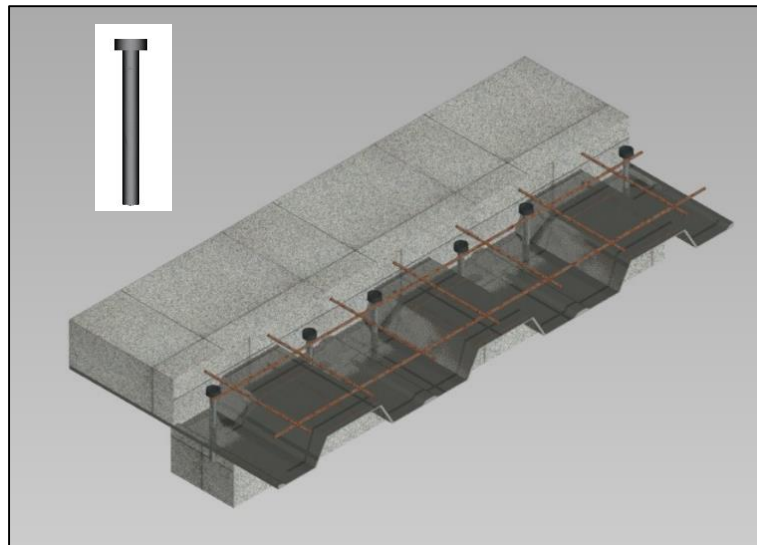
Fuente.- Mercy S. Barroso B.

4.1.3.6 Ensayo Losa N° 6 (Seis Conectores Tipo Espigo)

Descripción

El sexto prototipo ensayado contaba con seis conectores de cortante tipo espigo de longitud de 15cm y $\varnothing 12.7\text{mm}$. La estructura constaba con los siguientes componentes:

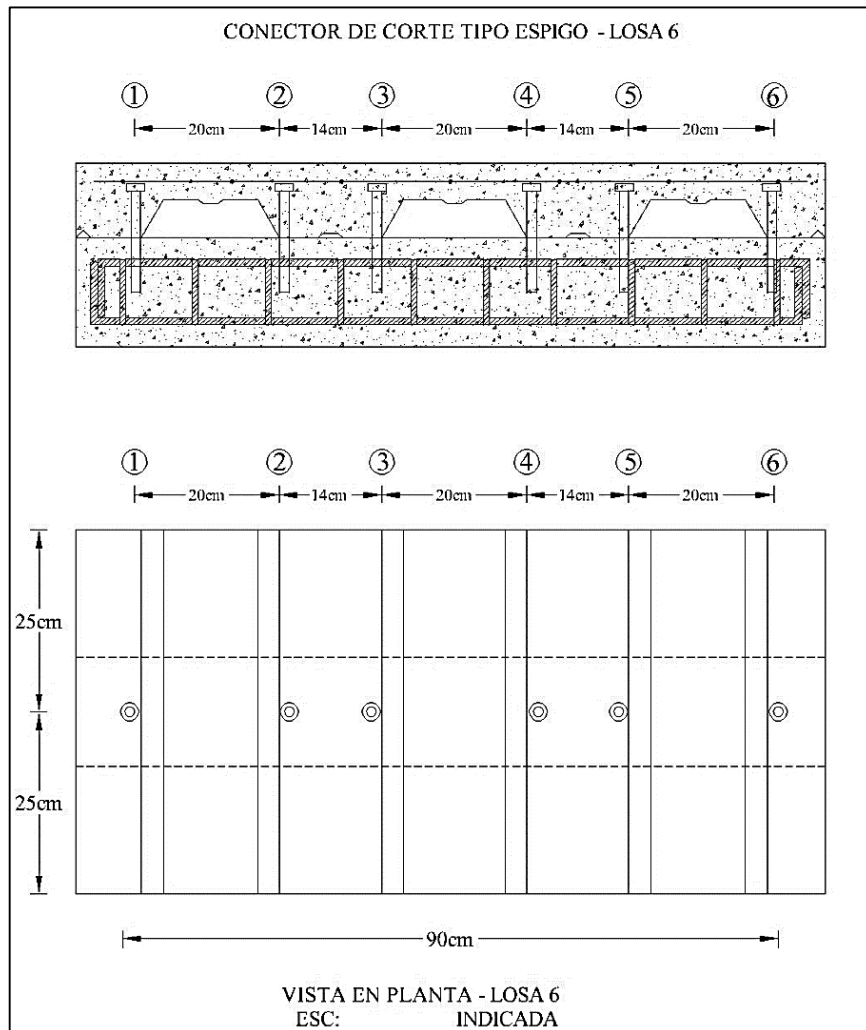
Gráfico N° 51. Prototipo N°6 (6 Conectores Tipo Espigo)



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

- **Losa:** 50x103 cm y altura de 10.2cm.
- **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 de H°A°:** 15x15cm y 103cm de longitud.
- **Tipo de conector:** 6 conectores tipo espigo.

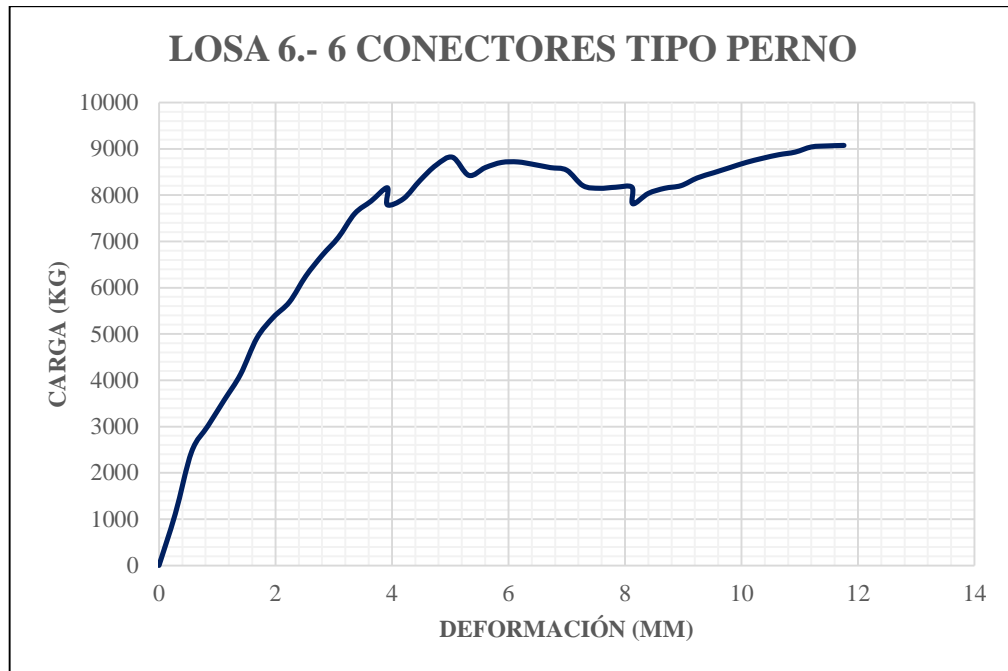
Gráfico N° 52. Losa 6 – Conector Tipo Espigo



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

El prototipo N°6 correspondió a la unión losa compuesta y viga de hormigón con seis conectores de cortante tipo espigo se obtuvo una capacidad de carga última de 9085.71[Kg]. Este prototipo logro un mejor desempeño que el prototipo N°5 concluyendo que el número de conectores influyó en el comportamiento como elemento compuesto.

Gráfico N° 53. Diagrama Carga vs Deformación Losa 6

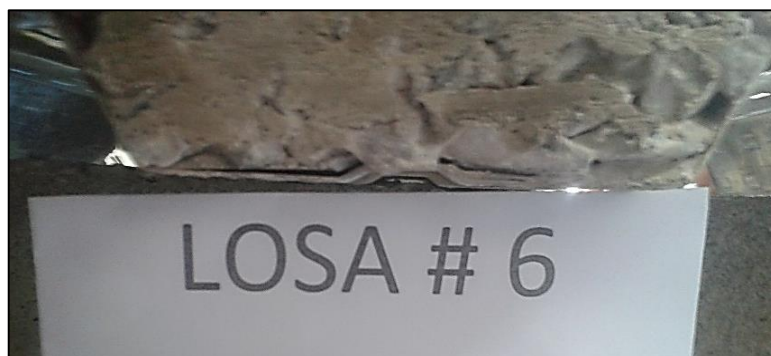


Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Adherencia

La pérdida de adherencia entre la placa y el hormigón se hizo visible en la aplicación de carga de 7637.35 [Kg] con una separación de 2mm.

Gráfico N° 54. Pérdida de Adherencia entre la Placa Colaborante y el Hormigón



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Desplazamiento entre Losa Compuesta y la Viga de Hormigón

Al final del ensayo se observó el desplazamiento entre la losa compuesta y la viga de hormigón de 1cm. Se identificó marcando la posición inicial de la losa sobre la viga y midiendo con la posición final, por lo tanto el conector de cortante no impide el desplazamiento entre ellos.

Gráfico N° 55. Desplazamiento Losa Compuesta – Viga de H°A°



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Falla en la Viga de Hormigón

Durante la aplicación de carga de 2152.76 [Kg] apareció las primeras fisuras en la viga de hormigón armado que se identificó como falla a corte siendo las más evidentes como se muestra en el gráfico N°56.

Gráfico N° 56. Fisuras en la Viga de H°A°



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

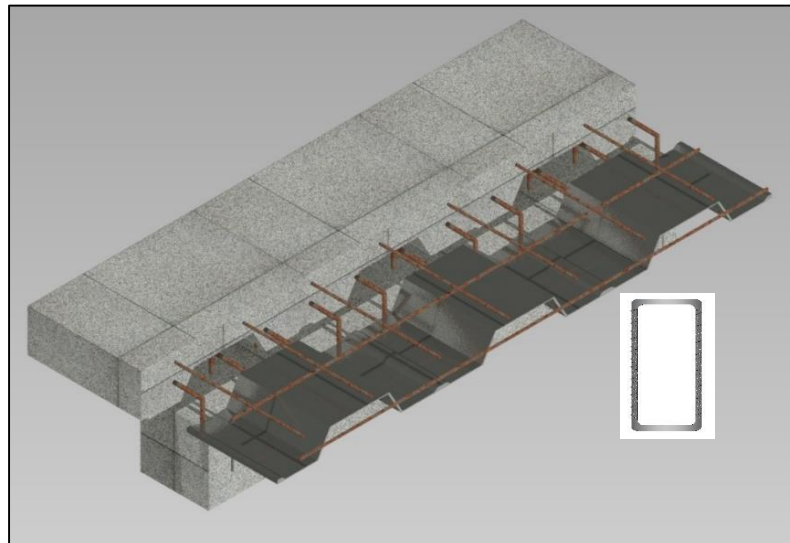
4.1.3.7 Ensayo Losa N° 7 (Conector Tipo Estribo)

Descripción

El séptimo prototipo ensayado contaba con conectores tipo estribos que cumplió como armado transversal de la viga y además contribuyen a la transmisión de esfuerzos cortantes de la losa a la viga, es el más utilizado en obra y con la característica de ser fundido monolíticamente, mejorando el desempeño como un solo elemento compuesto.

La estructura consta con los siguientes componentes:

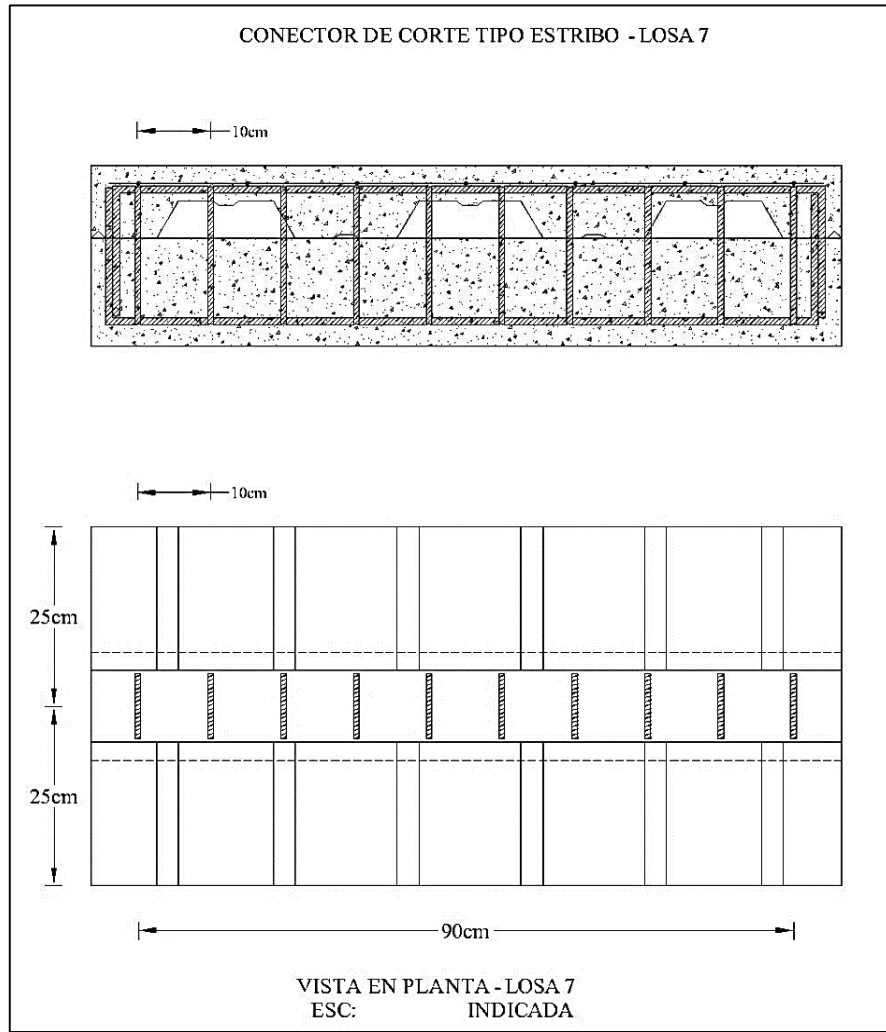
Gráfico N° 57. Prototipo N°7 (Conector Tipo Estribo)



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

- **Losa:** 50x103 cm y altura de 10.2cm.
- **Placa colaborante:** Metaldeck G90 40ksi.
- **Malla electrosoldada:** $f_y=4200$ kg/cm² de Ø5.5@15.
- **Hormigón:** $f'_c=240$ kg/cm².
- **Viga de H°A°:** 15x15cm y 103cm de longitud.
- **Tipo de conector:** estribo.

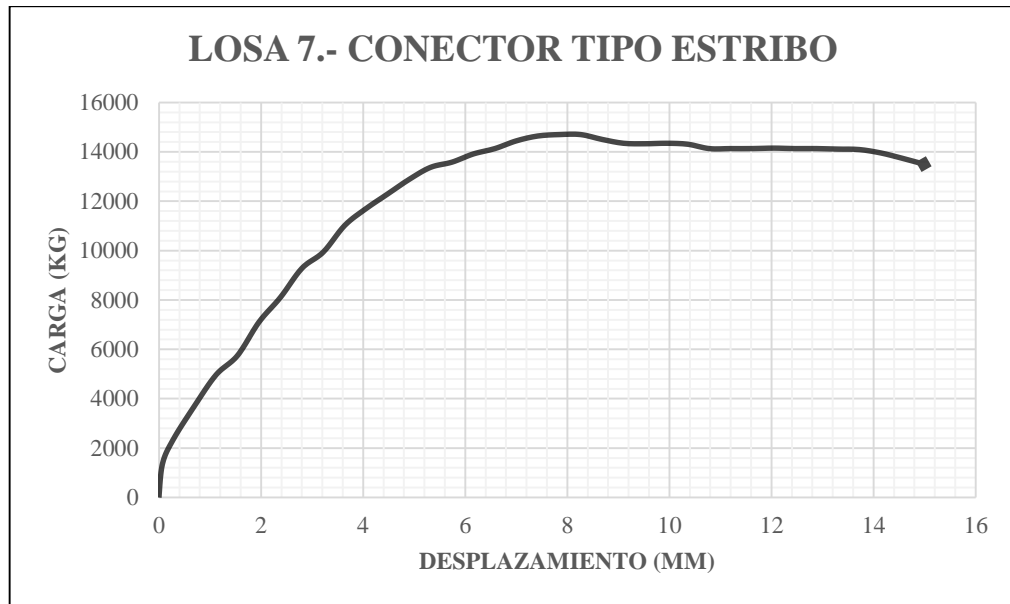
Gráfico N° 58. Losa 7 – Conector Tipo Estribo



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

El prototipo N°7 correspondió a la unión losa compuesta y viga de hormigón con conectores de cortante tipo estribo, se obtuvo una capacidad de carga última de 14681.63[Kg]. La capacidad de carga de este prototipo superó a todos los elementos ensayados con un mejor desempeño.

Gráfico N° 59. Diagrama Carga vs Deformación Losa 7



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Adherencia

La pérdida de adherencia entre la placa y el hormigón se hizo visible en la aplicación de carga de 11612.24 [Kg] se observó la separación entre la placa metálica y el hormigón de 3mm, siendo el elemento con mayor desempeño como elemento compuesto.

Gráfico N° 60. Pérdida de Adherencia entre la Placa Colaborante y el Hormigón



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Desplazamiento entre Losa Compuesta y la Viga de Hormigón

Durante y después del ensayo no se observó desplazamiento horizontal de la losa compuesta y la viga de hormigón, determinando que es uno de los elementos más óptimos para utilizar en la construcción de elementos compuestos.

Falla en la Viga de Hormigón

Durante la aplicación de carga de 2510.20 [Kg] aparecieron fisuras en la viga de hormigón armada que se identificó como fallas a corte por la ubicación y dirección hacia los apoyos.

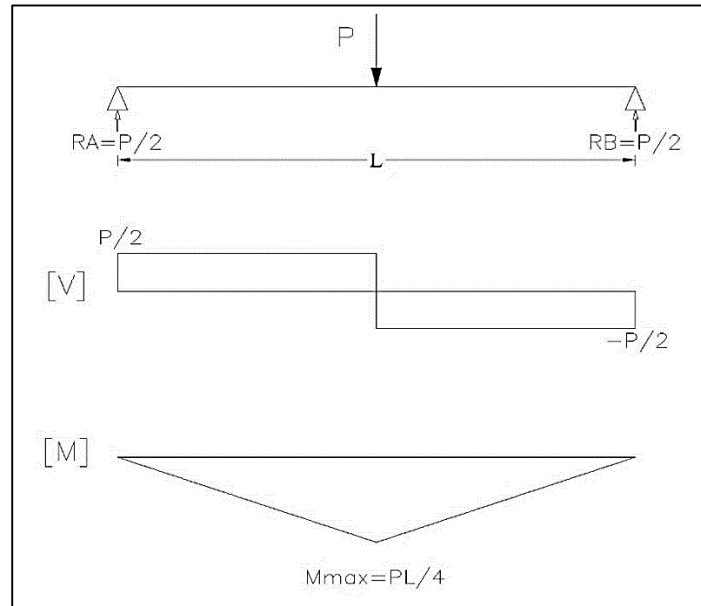
Gráfico N° 61. Fisuras en la Viga de H°A°



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

4.1.3.8 Cálculo de momento resistente en el ensayo

Gráfico N° 62. Diagrama de corte y momento del prototipo



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Tabla N° 6. Momento Resistente Máximo

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO A FLEXIÓN $f_c=240 \text{ kg/cm}^2$							
ENSAYADO POR: MERCY SORAIDA BARROSO BARROSO							
IDENTIFICACIÓN DEL PROTOTIPO	1	2	3	4	5	6	7
DESCRIPCIÓN DEL TIPO CONECTOR	4 ARCO	6 ARCO	4 TORNILLO	6 TORNILLO	4 ESPIGO	6 ESPIGO	ESTRIBO
FECHA DE FABRICACIÓN	06/09/2016						
FECHA DE ENSAYO	03/10/2016						
EDAD (DÍAS)	28						
LONGITUD (m)	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
ANCHO (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
ALTURA (m)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
CARGA MÁXIMA (kg)	7285.71428	10485.7143	7114.285712	7585.714284	7771.42857	9085.71428	14681.6326
MOMENTO PRÁCTICO	1876.071	2700.071	1831.929	1953.321	2001.143	2339.571	3780.520

Fuente.- Mercy S. Barroso B.

4.1.3.9 Cálculo de Módulo de Rotura – Norma ASTM C293 - 79

$$R = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Donde:

R= Módulo de Rotura

P= Carga máxima de aplicada

L= Luz libre entre apoyos

b= Ancho promedio de la probeta

d= Altura promedio de la probeta

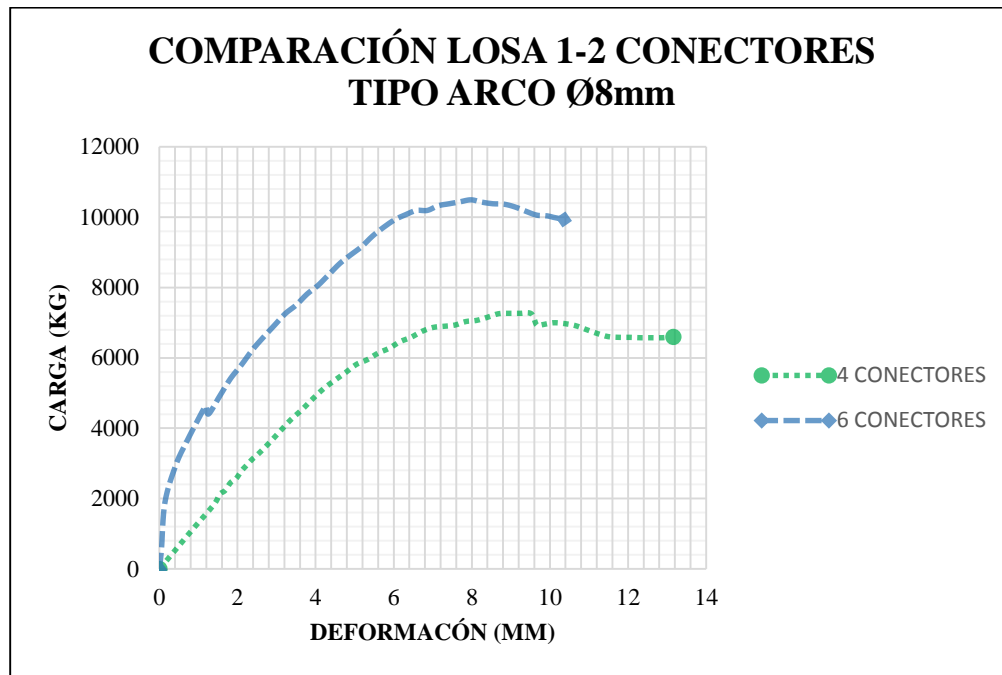
Tabla N° 7. Módulo de Rotura

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO A FLEXIÓN f _c =240 kg/cm ²							
ENSAYADO POR: MERCY SORAIDA BARROSO BARROSO							
NORMA: ASTM C293 - 79							
IDENTIFICACIÓN DEL PROTOTIPO	1	2	3	4	5	6	7
DESCRIPCIÓN DEL TIPO CONECTOR	4 ARCO	6 ARCO	4 TORNILLO	6 TORNILLO	4 ESPIGO	6 ESPIGO	ESTRIBO
FECHA DE FABRICACIÓN	06/09/2016						
FECHA DE ENSAYO	03/10/2016						
EDAD (DÍAS)	28						
LONGITUD (cm)	103	103	103	103	103	103	103
ANCHO (cm)	15	15	15	15	15	15	15
ALTURA (cm)	25	25	25	25	25	25	25
VOLUMEN (cm ³)	59225	59225	59225	59225	59225	59225	59225
DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	90	90	90	90	90	90	90
CARGA MÁXIMA (N)	20706.5	20392.5	21879	25002	18129.2	21097	24600
MÓDULO DE ROTURA EN (MPA)	2.982	2.937	3.151	3.600	2.611	3.038	3.542

Fuente.- Mercy S. Barroso B.

4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

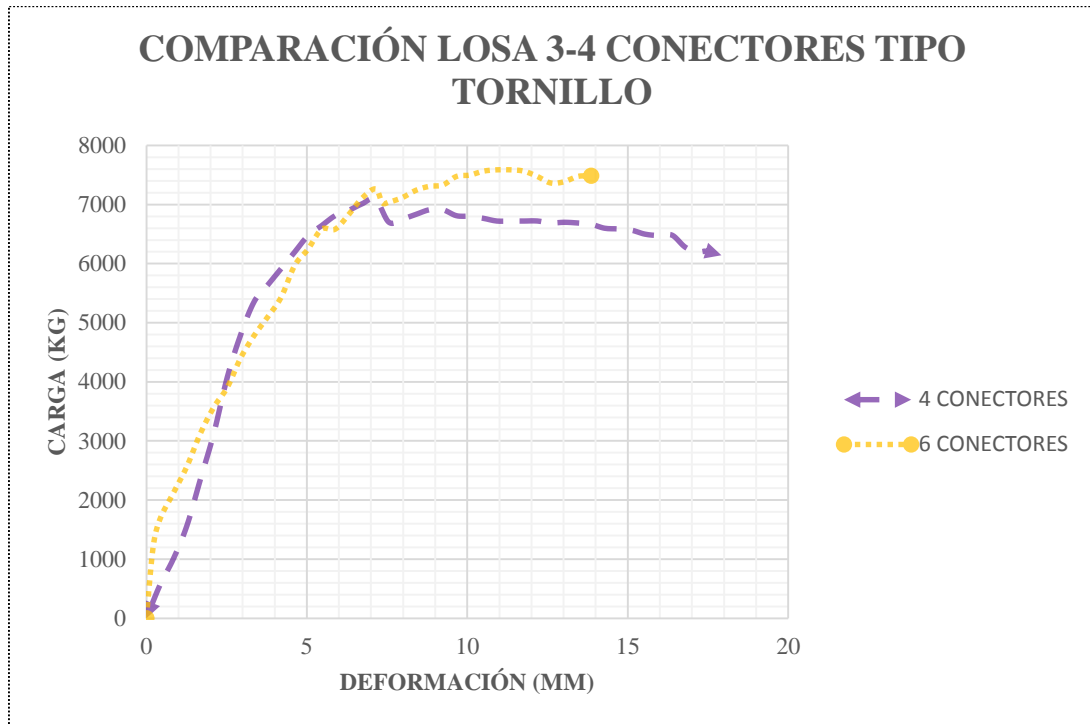
Gráfico N° 63. Comparación de Carga vs Deformación Losa 1-2



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Interpretación.- Los prototipos ensayados N°1 y N°2 con los conectores de cortante tipo arco de varilla corrugada de Ø8mm mostraban el 30% de diferencia en la capacidad de carga, demostrando que el número de conectores influyen en el desempeño de todo el elemento compuesto.

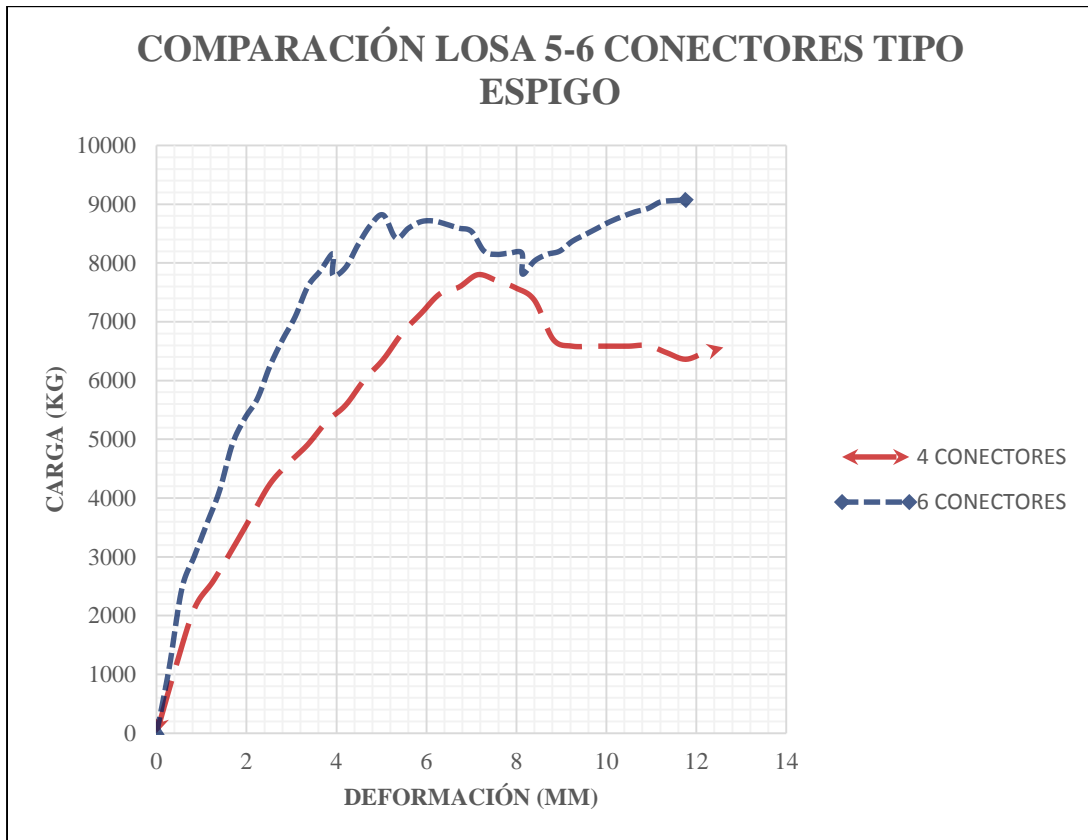
Gráfico N° 64. Comparación de Carga vs Deformación Losa 3-4



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Interpretación.- Los prototipos N°3 y N°4 ensayados con los conectores de cortante tipo tornillo mostraban el 7% de diferencia en la capacidad de carga entre los prototipos que fueron construidos con cuatro y seis conectores de cortante.

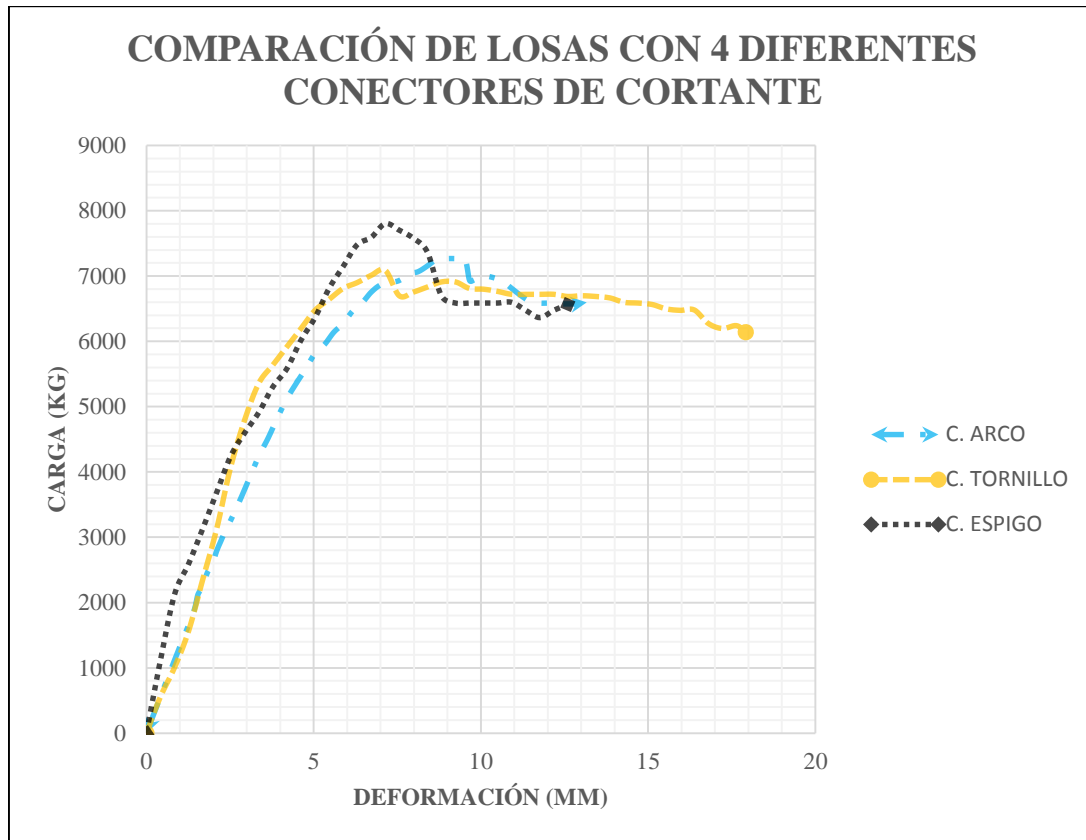
Gráfico N° 65. Comparación de Carga vs Deformación Losa 5-6



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Interpretación.- Los prototipos ensayados N°5 y N°6 con los conectores de cortante tipo espigo mostraban el 15% de diferencia en la capacidad de carga, siendo uno de los elementos con mejor desempeño ante las sollicitaciones del ensayo a flexión.

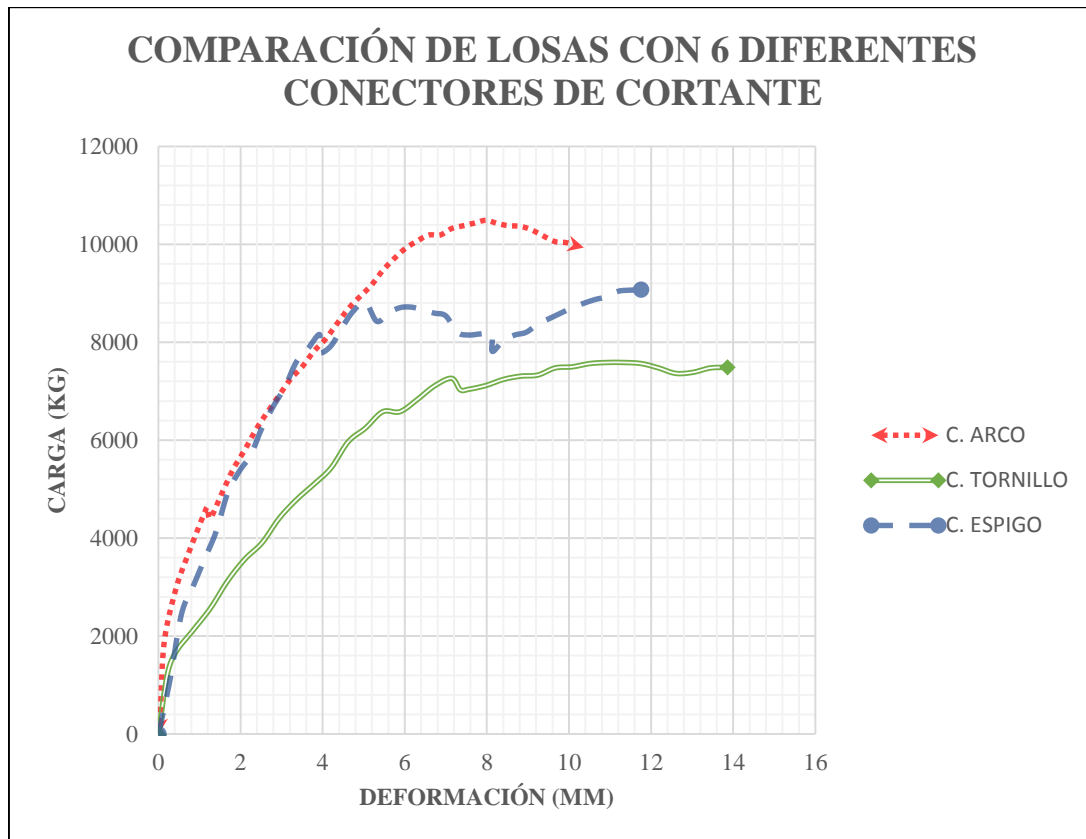
Gráfico N° 66. Comparación de Carga vs Deformación Losa 1-3-5



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Interpretación.- Los prototipos N°1, N°3, N°5 con cuatro conectores de cortante tipo arco de varilla corrugada de Ø8mm, tipo tornillo y el tipo espigo mostraban el 10% de diferencia en la capacidad de carga entre cada elemento, demostrando mejor desempeño ante las sollicitaciones del ensayo a flexión el prototipo con conectores de cortante tipo espigo.

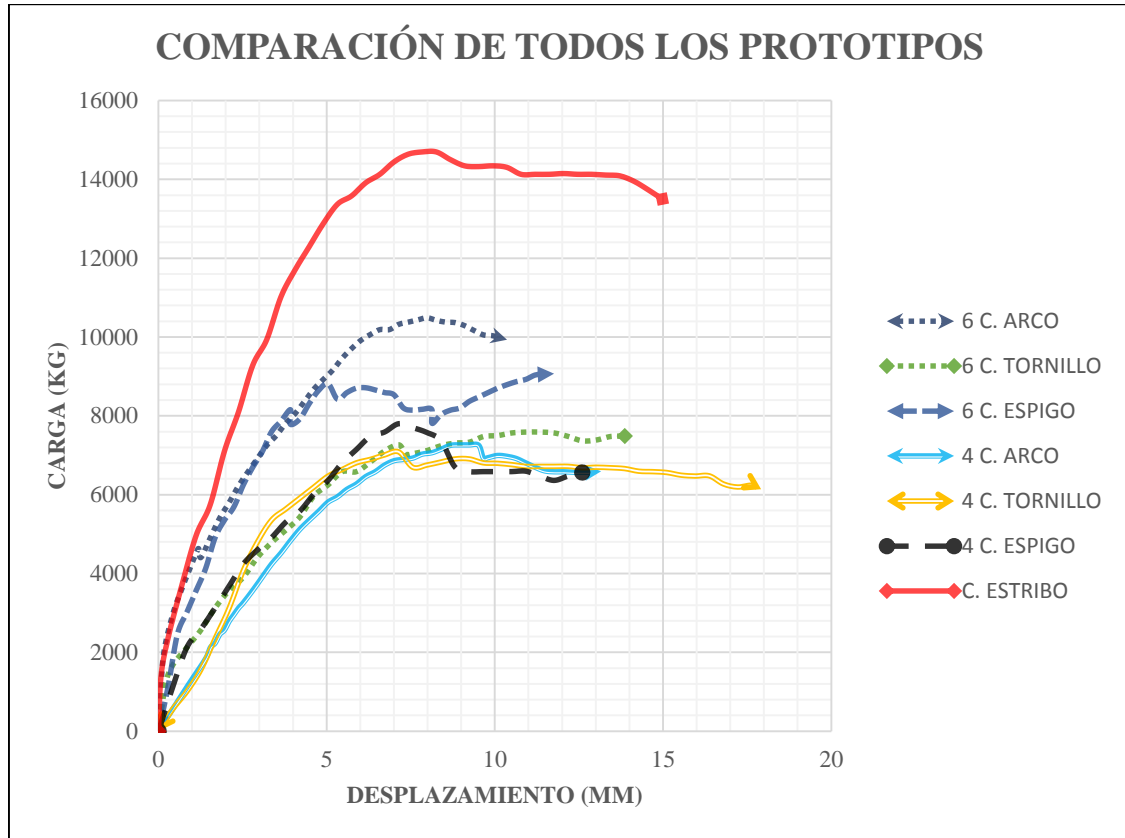
Gráfico N° 67. Comparación de Carga vs Deformación Losa 2-4-6



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Interpretación.- Los prototipos N°2, N°4 y N°6 ensayados con cuatro conectores de cortante tipo arco de varilla corrugada de Ø8mm, tipo tornillo y espigo mostraban el 25% de diferencia en la capacidad de carga.

Gráfico N° 68. Comparación de Carga vs Deformación Todos los prototipos



Fuente.- Mercy S. Barroso B.

Interpretación.- El elemento con mejor desempeño ante las sollicitaciones requeridas durante el ensayo a flexión fue el prototipo N°7 que correspondió al elemento compuesto que representa la unión losa compuesta y viga de hormigón fundido monolíticamente con los conectores de cortante tipo estribo, demostrando mayor capacidad de carga durante el ensayo.

4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

El análisis de los resultados obtenidos en los elementos ensayados permitió dar veracidad a la hipótesis desarrollada, verificando que los conectores de cortante influyen en la transmisión de esfuerzo cortante de la losa a la viga y cumple el comportamiento como un solo elemento compuesto ante las sollicitaciones requeridas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Las primeras fallas presentadas en los prototipos se dieron en la viga de hormigón armado como fueron fallas a corte que se presentaron cerca de los apoyos y fallas a flexión ubicadas en la parte inferior de la viga en la mitad de la luz en todos los prototipos. Además se identificó fisuras cerca de los conectores de cortante que se dieron por concentración de esfuerzos.
- En la losa compuesta se observó un mejor desempeño ante las sollicitaciones del ensayo debido a que las primeras fisuras aparecen en la viga, mientras que en la losa aun no existió pérdida de adherencia entre el hormigón y la placa metálica.
- Los conectores de cortante cumplieron con su función que fue transferir esfuerzos de corte desde la losa a los elementos estructurales de soporte como es la viga. Los únicos conectores de cortante que presentaron falla fueron los del prototipo N°3 con cuatro conectores de cortante tipo tornillo.
- Los conectores de cortante tipo arco, tornillo y espigo no fueron capaces de impedir el deslizamiento entre la losa compuesta y la viga de hormigón, pero si impidieron el desprendimiento vertical de la sección compuesta.
- **Se determinó a través del diagrama de carga vs deformación de cada prototipo que el modelo fundido monolíticamente representado en la Losa N°7 con los conectores de cortante tipo estribos, fue el que mejor se desempeñó durante el ensayo y garantizo el comportamiento como elemento**

compuesto, definiendo como elemento compuesto cuando se alcanzó o sobrepasó los momentos establecidos teóricamente.

- La separación y el número de conectores de cortante por valle de la placa colaborante influyen en el comportamiento de todo el elemento **por lo tanto se concluye que existe mayor capacidad de carga en los prototipos de seis conectores de cortante que en los de cuatro.**
- De los prototipos a ensayarse se determina que los únicos elementos que trabajan como sección compuesta entre la losa y la viga son la losa N°2 (seis conectores de cortante tipo arco de varilla corrugada de Ø8mm), N°6 (seis conectores de cortante tipo perno) y N°7 (conector tipo estribo) ya que se llegó al momento esperado teóricamente.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis se concluye que el prototipo que mejor desempeño con una carga ultima de 14681.63 Kg mayor que los demás prototipos y más utilizado en estructuras compuestas es el fundido monolíticamente.

5.2 RECOMENDACIONES

- La influencia de los conectores de cortante en los elementos compuestos son de mucha importancia ya que garantiza el comportamiento adecuado ante las solicitaciones que el elemento desempeña en una estructura, por lo tanto se recomienda un especial cuidado en el diseño de elementos compuesto como son el número, separación y el tipo de conectores de cortante.
- Después del análisis de todos los prototipos y la obtención de resultados se recomienda como uso constructivo a la losa N°7 fundido monolíticamente con la viga y uso de conectores de cortante tipo estribo por la alta resistencia a la flexión.
- Se recomienda para afinar los resultados de los elementos compuesto se tenga un estricto cuidado en la ubicación de los conectores de cortante y en la elaboración de los prototipos.
- Uno de los factores que influyeron el no haber alcanzado los resultados esperados teóricamente fue el curado de los elementos, por tal razón se recomienda un especial cuidado en su curado para obtener las resistencias requerida.

C. MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. R. F. J. Ollgaard J., Shear strength of stud connectors in lightweight and normal weight concrete, New York: AISC Engineering Journal, 1971.

- [2] J. C. H. Muñoz, Comportamiento de canales como conectores de cortante para un sistema de sección compuesta usando lámina colaborante, Bogotá, 2013.

- [3] G. B. V. y. J. G. D. William, Ensayo experimental de los conectores de corte de las losas tipo deck, Quito, 2012.

- [4] A. M. M. M. Obras, Metal Deck Grado 40, Atlántico- Colombia: 2da ed., 2012.

- [5] Novacero, Catálogo de Producto Novalosa., Ecuador: 3era, 2013.

- [6] N. E. d. I. Construcción, Hormigón Armado, Ecuador: MIDUVI, 2015.

- [7] A. 318, Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318SUS-14), U.S.A, 2014.

- [8] N. E. d. I. Construcción, Cargas no sísmicas, ecuador, 2015.

- [9] Z. I. B., "Resistencia de materiales," IEFPS Elorrieta-Errekamari, 04 07 2008. [Online]. Available: www.ibiguridp3.wordpress.com. [Accessed 06 06 2016].

- [10] A. Deck, Manual Técnico para el uso de Placas Colaborantes para Losas de Entrepiso, Lima - Perú: (s.f.), 2003.

- [11] S.-. A. Deck, Manual Técnico sistema constructivo Placa Colaborante, Perú: s.f., s.f..
- [12] J. C. M. y. S. F. Csernak, Diseño de Estructuras de Acero, México: Alfaomega, 2012.
- [13] H. M. J., Comportamiento de canales como conectores de cortante para un sistema de sección compuesta, Bogotá, 2013.
- [14] A.-. C31/C31M, Práctica Normalizada para la preparación y curado en obra de las probetas para ensayo del hormigón.

2. ANEXOS

ENSAYO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN

ÁREA DE RESISTENCIA DE MATERIALES DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL HORMIGÓN

Cilindros de hormigón de 300mm de altura * 150mm de diámetro			
Identificación	1	2	3
Fecha de moldeo	06/09/2016		
Fecha de ensayo	03/10/2016		
Altura (mm)	301	300	300
Diametro 1 (mm)	151.47	151.59	151.59
Diametro 2 (mm)	152.32	152.08	151.6
Masa (gr)	12080	12150	12060
Altura Equipo (mm)	203	203	203
Eg (mm)	129.4	127	123.7
Er (mm)	129.7	122.9	127.7
Carga de Rotura (Kg)	39657.14	38153.06	37938.78
Área (mm ²)	18120.78	18106.46	18049.27
Resistencia (Kg/cm ²)	218.85	210.72	210.20

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA PLACA COLABORANTE

{ PROTEGERTE }
es nuestra naturaleza

G90 - 40 KSI
METALDECK
DE 2" Y 3"

**EL SISTEMA QUE CAMBIÓ EL CONCEPTO
EN LA CONSTRUCCIÓN DE ENTREPISOS**

MetalDeck es la placa colaborante para losas de entrepiso fabricado con acero galvanizado G90 40 KSI, que remplaza el acero de refuerzo (varilla corrugada), aumentando su capacidad y resistencia.

El panel estructural para losas de entrepisos, MetalDeck, es económico y liviano, porque baja el peso de las losas, por tanto se reducen también las dimensiones de las columnas, vigas y plintos, lo que genera ahorro al costo final de la estructura.

**FÁCIL
INSTALACIÓN**

**MÁS
ECONÓMICO**

**MAYOR
RESISTENCIA**

**MÁS
LIVIANO**

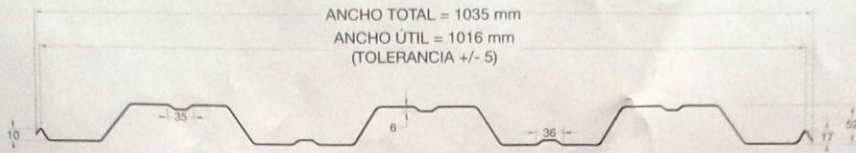
**MAYOR
DURACIÓN**

* De acuerdo a recomendaciones del fabricante.

ACESCO ECUADOR

ROOFTEC
Cábrase de tranquilidad. Cábrase de Acero.

• **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**



CUBICACIÓN Y CARGAS DE PESO PROPIO						
ALTURA TOTAL DE LA LOSA	ESPESOR DE LOSA		CUBICACIÓN Y PESO PROPIO			
	ALTURA DE HORMIGÓN SOBRE LA CRESTA	HORMIGÓN EN 1m ²	HORMIGÓN	PESO DEL DECK	PESO TOTAL	ESPESOR DEL DECK
10 cm	4.8 cm	0.07 m ³ /m ²	168 kg/m ²	6.09 kg/m ²	174.09 kg/m ²	0.65 mm
12 cm	6.8 cm	0.09 m ³ /m ²	216 kg/m ²	6.09 kg/m ²	222.09 kg/m ²	0.65 mm
15 cm	9.8 cm	0.12 m ³ /m ²	288 kg/m ²	6.09 kg/m ²	294.09 kg/m ²	0.65 mm
10 cm	4.8 cm	0.07 m ³ /m ²	168 kg/m ²	7.04 kg/m ²	175.04 kg/m ²	0.75 mm
12 cm	6.8 cm	0.09 m ³ /m ²	216 kg/m ²	7.04 kg/m ²	223.04 kg/m ²	0.75 mm
15 cm	9.8 cm	0.12 m ³ /m ²	288 kg/m ²	7.04 kg/m ²	295.04 kg/m ²	0.75 mm

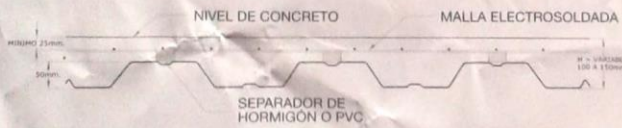
• **DETALLES DE FIJACIÓN**

FIJACIONES PARA METALDECK	
TIPO DE PERNO	DENSIDAD
PERNO TRAOX (FIJACIÓN A ESTRUCTURA)	4 unid. x m ²
PERNO COINCO (FIJACIÓN TRASLAPE LONGITUDINAL)	3.5 unid. x m ²

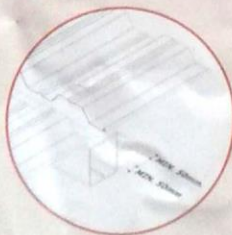


CARGAS QUE PUEDE SOPORTAR EN T/m ²		
DISTANCIA ENTRE VIGAS Lx(m)	ESPESOR DE LOSA (Ø.10M)	
	0.65 mm	0.75 mm
1.50 m	1.950	1.950
1.80 m	1.513	1.677
2.00 m	1.225	1.359
2.25 m	0.968	1.074
2.50 m	0.784	0.870
2.75 m	0.620	0.692
3.00 m	0.478	0.533
3.25 m	0.373	0.419
3.50 m	0.293	0.336

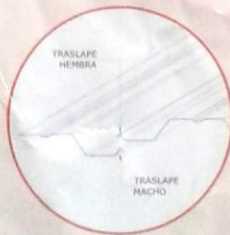
Ultima revisión: Julio de 2015



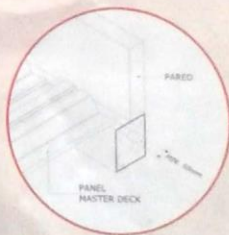
Nota: Se usa sin apuntalamiento cuando las vigas de apoyo están a una distancia máxima de 1.50 m, para mayores distancias es recomendable apuntalamiento.



DETALLE JUNTA TRASVERSAL



DETALLE DE TRASLAPE



DETALLE JUNTA A PARED



DETALLE DE FIJACIÓN



• Guayaquil: Km 16 1/2 de la vía a Daule. Telf.: (593 4) 370 1500
 • Quito: Av. 6 de Diciembre N 58-50 entre Juan Mollineros y Leonardo Murialdo Telf.: (593 2) 600 3170

SERVICIO AL CLIENTE
1 800 ROOFTEC
www.rooftec.com.ec

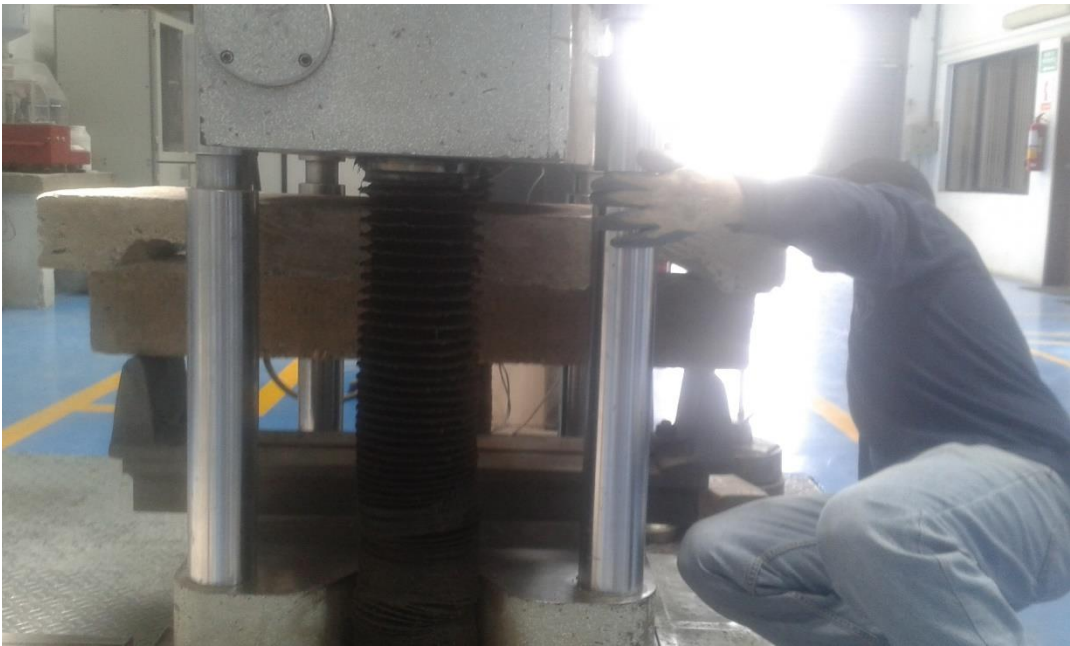
Cortado y Perforación de la placa colaborante:



Equipo para posterior ensayo:



Ubicación del prototipo en la máquina:



Identificación de fisuras en los prototipos



Ensayo del módulo de elasticidad y resistencia a la compresión del hormigón

