

**VALORACIÓN DEL EFECTO DEL ESVAJE EN PUENTES DE VIGA Y LOSA  
DE CONCRETO REFORZADO.**

**LAURA MARCELA BLANCO PABON**

**YHOKLETSY MURCIA TAPIAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2011**

**VALORACIÓN DEL EFECTO DEL ESVAJE EN PUENTES DE VIGA Y LOSA  
DE CONCRETO REFORZADO.**

**LAURA MARCELA BLANCO PABON**

**YHOKLETSY MURCIA TAPIAS**

**Trabajo de grado para optar el título de**

**Ingeniero Civil**

**Ph.D. GUSTAVO CHIO CHO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**BUCARAMANGA**

**2011**

*A mis padres Juan Blanco y Rubiela Pabón por el amor y la  
confianza brindada.*

*A mis hermanos Ruby Yulieth y Juan José que es mi motivación  
principal para alcanzar este logro.*

*A mis abuelos y tíos por su apoyo y consejos dados.*

*A Dios por todas las bendiciones que he recibido.*

*LAURA MARCELA BLANCO PABÓN*

*A mis padres Helio Murcia y Lina Tapias por su infinito amor y por  
el apoyo que me han dado durante estos años...*

*A mis hermanos por estar a mi lado en los momentos difíciles, por  
quererme y ayudarme.*

*A Dios por todas las bendiciones que recibí.*

*YHOKLETSY MURCIA TAPIAS*

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestro director de proyecto Gustavo Chio Cho por convertirse en un apoyo indispensable para la consolidación de este proyecto.

A José Benjumea Royero por su tiempo y orientación.

A todos los profesores y amigos que han hecho parte de nuestra formación como futuras profesionales en Ingeniería Civil.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION.....	25
1. GENERALIDADES.....	26
1.1 PUENTE .....	26
1.2 HISTORIA.....	26
1.3 COMPONENTES DE UN PUENTE .....	28
1.3.1 Superestructura.....	28
1.3.2 Infraestructura .....	29
1.3.3 Accesos.....	29
1.3.4 Obras de defensa y seguridad .....	30
1.4 CLASIFICACION DE LOS PUENTES .....	30
1.4.1 Puentes de Viga y Losa:.....	30
1.5 CONCRETO REFORZADO.....	31
1.6 ES VIAJE.....	32

2. PROCEDIMIENTOS.....	33
3. ANALISIS DE RESULTADOS .....	38
3.1 CASO A.....	38
3.1.1 Puente modelado Con riostra.....	38
3.1.2 Puente modelado sin riostra. ....	44
3.2 CASO B.....	50
3.2.1 Puente modelado Con riostra.....	50
3.2.2 Puente modelado Sin riostra. ....	56
3.3 COMPARACION PUENTE CON Y SIN RIOSTRA.....	62
3.3.1 Caso A.....	62
3.3.2 Caso B.....	68
3.4 COMPARACIÓN CASOS A y B.....	74
3.4.1 Casos A y B con riostra. ....	74
3.4.2 Comparación Casos A y B sin riostra. ....	80

4. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES .....	86
5. BIBLIOGRAFIA .....	88
6. ANEXOS .....	89

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cargas puente.....	34
Tabla 2. Cargas voladizo.....	35
Tabla 3. Desplazamientos.....	35

## LISTA DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Ventajas y desventajas del concreto reforzado.....	31
--	----

## LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Momento máximo en vigas – Caso A con riostra.....	38
Gráfica 2. Momento torsor máximo en vigas - Caso A con riostra.....	39
Gráfica 3. Cortante máximo positivo en vigas - Caso A con riostra.....	40
Gráfica 4. Cortante máximo negativo en vigas – Caso A con riostra.....	40
Gráfica 5. Reacción apoyo fijo en vigas – Caso A con riostra.....	41
Gráfica 6. Reacción apoyo móvil en vigas – Caso A con riostra.....	41
Gráfica 7. Deformaciones en vigas – Caso A con riostra.....	42
Gráfica 8. Refuerzo longitudinal en vigas – Caso A con riostra.....	43
Gráfica 9. Relación entre la separación y el refuerzo a cortante en vigas - Caso A con riostra.....	43
Gráfica 10. Momento máximo en vigas – Caso A sin riostra.....	44
Gráfica 11. Momento torsor máximo en vigas –Caso A sin riostra.....	45
Gráfica 12. Cortante positivo máximo en vigas – Caso A sin riostra.....	46

Gráfica 13. Cortante negativo máximo en vigas – Caso A sin riostra.....	46
Gráfica 14. Reacción apoyo fijo en vigas – Caso A sin riostra.....	47
Gráfica 15. Reacción apoyo móvil en vigas – Caso A sin riostra.....	48
Gráfica 16. Deformaciones en vigas – Caso A sin riostra.....	48
Gráfica 17. Refuerzo longitudinal en vigas – Caso A sin riostra.....	49
Gráfica 18. Relación entre la separación y el refuerzo a cortante en vigas Caso A sin riostra.....	50
Gráfica 19. Momentos máximos en vigas – Caso B con riostra.....	51
Gráfica 20. Cortantes máximos positivos en vigas – Caso B con riostra.....	51
Gráfica 21. Cortantes máximos negativos en vigas – Caso B con riostra.....	52
Gráfica 22. Deformaciones en vigas – Caso B con riostra.....	52
Gráfica 23. Momento Torsor máximo en vigas – Caso B con riostra.....	53
Gráfica 24. Reacción apoyo fijo en vigas – Caso B con riostra.....	54
Gráfica 25. Reacción apoyo móvil en vigas – Caso B con riostra.....	54
Gráfica 26. Refuerzo longitudinal en vigas–Caso B con riostra.....	55

Gráfica 27. Relación entre la separación y el refuerzo a Cortante en vigas Caso B con riostra.....	56
Gráfica 28. Momento máximo en vigas – Caso B sin riostra.....	57
Gráfica 29. Momento torsional máximo en vigas – Caso B sin riostra.....	57
Gráfica 30. Cortante máximo positivo en vigas – Caso B sin riostra.....	58
Gráfica 31. Cortante máximo negativo en vigas – Caso B sin riostra.....	59
Gráfica 32. Deformaciones en vigas – Caso B sin riostra.....	59
Gráfica 33. Reacción apoyo fijo en vigas – Caso B sin riostra.....	60
Gráfica 34. Reacción apoyo móvil en vigas – Caso B sin riostra.....	60
Gráfica 35. Refuerzo longitudinal en vigas – Caso B con riostra.....	61
Gráfica 36. Relación entre la separación y el refuerzo a cortante en vigas Caso B con riostra.....	62
Gráfica 37. Momento Máximo en vigas con y sin riostra – Caso A.....	63
Gráfica 38. Momento torsional en vigas con y sin riostra – Caso A.....	63
Gráfica 39. Cortantes positivos máximos en vigas con y sin riostra – Caso A.....	64
Gráfica 40. Cortantes negativos máximos en vigas con y sin riostra – Caso A.....	65

Gráfica 41. Deformaciones máximas en vigas con y sin riostra – Caso A.....	65
Gráfica 42. Reacción apoyo fijo en vigas con y sin riostra – Caso A.....	66
Gráfica 43. Reacción apoyo móvil en vigas con y sin riostra – Caso A.....	67
Gráfica 44. Acero longitudinal en vigas con y sin riostra – Caso A.....	67
Gráfica 45. Relación entre la separación y el refuerzo a Cortante en vigas con y sin riostra – Caso A.....	68
Gráfica 46. Momento Máximo en vigas con y sin riostra – Caso B.....	69
Gráfica 47. Momento torsional en vigas con y sin riostra – Caso B.....	69
Gráfica 48. Cortantes positivos máximos en vigas con y sin riostra – Caso B.....	70
Gráfica 49. Cortantes negativos máximos en vigas con y sin riostra – Caso B....	70
Gráfica 50. Deformaciones máximas en vigas con y sin riostra – Caso B.....	71
Gráfica 51. Reacción apoyo fijo en vigas con y sin riostra – Caso B.....	72
Gráfica 52. Reacción apoyo móvil en vigas con y sin riostra – Caso B.....	72
Gráfica 53. Acero longitudinal en vigas con y sin riostra – Caso B.....	73
Gráfica 54. Relación entre la separación y el refuerzo a Cortante en vigas con y sin riostra – Caso B.....	74

Gráfica 55. Momentos máximos - Casos A y B con riostra.....	75
Gráfica 56. Cortante máximo positivo - Casos A y B con riostra.....	76
Gráfica 57. Cortante máximo negativo - Casos A y B con riostra.....	76
Gráfica 58. Deformaciones - Casos A y B con riostra.....	77
Gráfica 59. Momento torsor máximo - Casos A y B con riostra.....	78
Gráfica 60. Reacción apoyo fijo - Casos A y B con riostra.....	78
Gráfica 61. Reacción apoyo móvil - Casos A y B con riostra.....	79
Gráfica 62. Acero longitudinal - Casos A y B con riostra.....	79
Gráfica 63. Relación acero por cortante y su separación Casos A y B.....	80
Gráfica 64. Momentos Máximos - Casos A y B sin riostra.....	81
Gráfica 65. Cortante Máximo Positivo - Casos A y B sin riostra.....	81
Gráfica 66. Cortante Máximo Negativo - Casos A y B sin riostra.....	82
Gráfica 67. Deformaciones – Casos A y B sin riostra.....	82
Gráfica 68. Momento Torsor Máximo - Casos A y B sin riostra.....	83
Gráfica 69. Reacción Apoyo Fijo - Casos A y B sin riostra.....	84

Gráfica 70. Reacción Apoyo Móvil - Casos A y B sin riostra.....	84
Grafica 71. Acero Longitudinal - Casos A y B sin riostra.....	85
Grafica 72. Relación Acero por cortante y su Separación - Casos A y B.....	85

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Primer tipo de puente.....	26
Figura 2. Componentes de un puente.....	28
Figura 3. Partes de un puente.....	29
Figura 4. Puente de viga sobre el río Pisuerga (España).....	30
Figura 5. Variación de esfuerzos según el esviaje.....	32
Figura 6. Dimensiones del puente – Caso A.....	33
Figura 7. Dimensiones del puente – Caso B.....	33

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A: PROCEDIMIENTOS .....	89
ANEXO B: MODELAMIENTO.....	98
ANEXO C: TABLAS DE DATOS .....	112

## RESUMEN

**TÍTULO:** VALORACIÓN DEL EFECTO DEL ESVAJE EN PUENTES DE VIGA Y LOSA DE CONCRETO REFORZADO\*.

**AUTORAS:** LAURA MARCELA BLANCO PABÓN\*\*.  
YHOKLETSY MURCIA TAPIAS\*\*.

**PALABRAS CLAVES:** esviaje, puentes de viga y losa, concreto reforzado.

**RESUMEN:** En el presente documento se analiza el comportamiento de las fuerzas internas producidas en un puente de viga y losa de concreto reforzado cuando varían los ángulos de esviaje. La alternativa planteada para el análisis de la estructura consta de 4 vigas, una luz de 20 m e inclinaciones iguales en ambos extremos del puente. En el desarrollo de la tesis, se realiza una breve reseña histórica de los puentes, sus componentes y clasificación. También se plasma el dimensionamiento del puente basado en el código colombiano de diseño sísmico de puentes de 1995. Además contiene los respectivos cálculos de desplazamientos del puente según su esviaje. Por otra parte se mostrarán los pasos que se siguen para realizar el modelamiento de la estructura utilizando el programa de análisis matricial SAP 2000.

Por último se dan a conocer los resultados que se obtuvieron utilizando gráficas para comparar las fuerzas internas que actúan en el puente como momentos, cortante, reacciones, momentos torsores y desplazamientos respecto a la variación del ángulo de esviaje, también se realiza una comparación del esviaje con las cantidades de aceros a flexión y una relación entre el acero a cortante y la separación que se deben emplear en el puente cuando el esviaje varia.

\*Proyecto de grado

\*\*Facultad de ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de ingeniería civil. Director: Gustavo Chio Cho.

## ABSTRACT

**TITLE:** EVALUATION OF THE EFFECT OF BRIDGE SKEW BEAM AND REINFORCED CONCRETE SLAB.

**AUTHORS:** LAURA MARCELA BLANCO PABÓN\*\*.  
YHOKLETSY MURCIA TAPIAS\*\*.

**KEYWORDS:** skew, beam and slab bridges, reinforced concrete.

**ABSTRACT:** This document analyzes the behavior of the internal forces in a beam and slab bridge and reinforced concrete when skew angles vary. The alternative proposed for the analysis of the structure consists of four beams, 20 m light and equal slopes on both ends of the bridge. In the thesis development, we made a brief historical summary about the bridges, their components and classification. Also the sizing bridge based on the Colombian seismic design code for bridges in 1995 is expressed. It also contains the respective calculations of the bridge displacement according to the skew. On the other hand we will show some steps that we have to follow in order to perform the modeling structure using the matrix analysis program SAP 2000. Lastly, we will give the results that we have obtained using some graphs in order to compare the internal forces acting on the bridge as moments, shear, reactions, torque and displacement to the variation of the skew angle, we perform also a comparison between the skew and the amount of cutting steel and a relationship between the steal sheer and the separation that should be employed on the bridge when the skew varies.

\*Work Degree

\*\*Physical-Mechanical Engineering faculty, Department of Civil Engineering. Director: Gustavo Chio Cho.

## INTRODUCCION

Los puentes a través del tiempo han ido evolucionando de acuerdo a las necesidades que ha presentado el ser humano, y con ello se han ido creando diversos materiales, métodos y herramientas que ayuden a su análisis y diseño, todo esto ha llevado a que se generen numerosas tipologías y procesos para su construcción que responden al entorno donde se encuentren ubicados.

Cuando se presenta una topografía compleja, es necesario implementar soluciones acorde a los problemas que surjan para su diseño y construcción. Dependiendo de la inclinación del terreno donde se apoya el puente se pueden plantear diversas soluciones dentro de las cuales se encuentra los puentes con esviaje que ayudan a adaptar el puente a las condiciones topográficas del terreno.

En las diferentes tipologías que se presentan, encontramos los puentes de viga y losa que son unos de los primeros tipos de puentes creados hoy en día estos son los más utilizados por su sencillez en el análisis y diseño, pero cuando se ve la necesidad de agregarle a este tipo de puente esviaje, las condiciones cambian y pasan de ser sencillas a complejas.

El esviaje que pueda tener un puente influye significativamente en su comportamiento, análisis, diseño y construcción, haciendo que el trabajo ingenieril sea más complicado. La interpretación de resultados depende, en gran medida, de la idealización o el modelo del puente que se vaya a analizar. Por ello es muy importante conocer y analizar el comportamiento del puente debido al esviaje para así determinar las soluciones más aptas para cada uno de los problemas que pueda presentar el puente.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 PUENTE

Un puente es una estructura, por lo general artificial, que permite salvar un accidente geográfico como un río, un cañón, un valle, un camino, una vía férrea, un cuerpo de agua, o cualquier otro obstáculo físico para poder transportar mercancías, permitir la circulación de las gentes y trasladar sustancias de un sitio a otro.

Dependiendo el uso que se les dé, algunos de ellos reciben nombres particulares, como acueductos, cuando se emplean para la conducción del agua, viaductos, si soportan el paso de carreteras y vías férreas, y pasarelas que están destinados exclusivamente a la circulación de personas<sup>1</sup>.

### 1.2 HISTORIA

El arte de construir puentes tiene su origen en la misma prehistoria, puede decirse que nace cuando al hombre prehistórico se le ocurrió derribar un árbol de forma que, al caer, enlazara las dos riberas de una corriente que deseaba atravesar.

**Figura 1. Primer tipo de puente**



A principios del siglo XIX apareció la tendencia de sustituir la madera, piedra y mampostería por el hierro fundido, y después por el hierro forjado y finalmente por el acero.

---

<sup>1</sup> [http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0053-02/contenido/9\\_clasificacion\\_puentes.htm](http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0053-02/contenido/9_clasificacion_puentes.htm)

Al igual que ocurre en la mayoría de los casos, la construcción de puentes ha evolucionado paralelamente a la necesidad que de ellos se sentía.

La construcción de puentes recibió su primer gran impulso en los tiempos en que Roma dominaba la mayor parte del mundo. A medida que sus legiones conquistaban nuevos países, iban levantando en su camino puentes de madera más o menos permanentes; cuando construyeron sus calzadas pavimentadas, alzaron puentes de piedra labrada.

Durante la Edad Media el ritmo de construcción de puentes decreció de modo ostensible y se limitó prácticamente a la reconstrucción de algunos puentes romanos. La construcción era irregular y desproporcionada, con pilas enormes y arcos generalmente desiguales.

A fines de la baja Edad Media renació la actividad constructiva, la locomotora de vapor inició una nueva era al demostrar su superioridad sobre los animales de tiro. La rápida expansión de las redes ferroviarias obligó a un ritmo paralelo en la construcción de puentes sólidos y resistentes.

Las técnicas constructivas fueron perfeccionándose, se adoptaron el mortero y la bóveda y se mejoró el sistema de cimentación de las pilas.

Los romanos desarrollaron la cimentación bajo el agua mediante cajones de madera de dobles paredes, llenos de hormigón, o con gruesos bloques paralelepípedicos.

Por último, el automóvil creó una demanda de puentes jamás conocida. Los impuestos sobre la gasolina y los derechos de peaje suministraron los medios económicos necesarios para su financiación y en sólo unas décadas se construyeron más obras notables de esta clase que en cualquier siglo anterior. El gran número de accidentes ocasionados por los cruces y pasos a nivel estimuló la creación de diferencias de nivel, que tanto en los pasos elevados como en los inferiores requerían el empleo de puentes. En una autopista moderna todos los cruces de carreteras y pasos a nivel son salvados por este procedimiento<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> <http://apuntesingenierocivil.blogspot.com/2010/10/puentes-historia.html>

En el siglo XXI han continuado los grandes avances en la construcción de puentes, derivados del aprovechamiento más racional de los materiales.

### 1.3 COMPONENTES DE UN PUENTE

En un puente se pueden distinguir cuatro componentes:

1. La superestructura.
2. La infraestructura.
3. Los accesos.
4. Obras de defensa.

**Figura 2. Componentes de un puente**



#### 1.3.1 Superestructura

Es la parte del puente que permite la continuidad del camino con su calzada y bermas, sobre un río u otra vía. Está compuesta por elementos como:

- **Tablero:** Lo constituye la superficie de rodadura, las barandas y andenes.
- **Sistema estructural del tablero:** es el sistema encargado de proporcionar la capacidad de carga del tablero.
- **Sistemas de vigas del tablero:** Está constituido por vigas longitudinales y transversales, las que permiten la transmisión de cargas que actúan sobre la superestructura que llegan a la infraestructura, para finalmente llegar al suelo de fundación.

### 1.3.2 Infraestructura

Es aquella parte del puente donde se apoya la superestructura y a través de la cual se transmiten las cargas a la fundación. La infraestructura está compuesta por los estribos y las pilas, que son los apoyos intermedios.

- **Los estribos:** son los soportes extremos del puente y están conformados por dos partes.

**Elevación:** se conforma por un muro frontal, una mesa de apoyo, un muro espaldar y las alas.

**Fundación:** es la encargada de traspasar las cargas al terreno, como peso propio, cargas móviles, sísmicas, empujes de tierras, etc. Fundamentalmente existen 3 tipos de fundaciones, directas, pilotes y cajones. Los estribos, además de dar apoyo a la superestructura, contienen los terraplenes de acceso al puente.

- **Pilas:** son apoyos intermedios, y al igual que los estribos, están constituidos por la elevación y la fundación.

**Figura 3. Partes del puente**



### 1.3.3 Accesos

Los accesos del puente están constituidos por terraplenes de accesos, estructura de pavimentos, base, bermas y losas de acceso.

### **1.3.4 Obras de defensa y seguridad**

Comprenden los enrocados, gaviones, bajadas de agua en los terraplenes de acceso, y elementos de contención de tierras como muros de contención, pilotes contenedores, etc. Las obras de defensa comprenden las barreras camineras y la señalización, sea vertical u horizontal<sup>3</sup>.

### **1.4 CLASIFICACION DE LOS PUENTES**

Los puentes tienen diversos tipos de clasificación dependiendo de diferentes conceptos entre los que se encuentran: el tipo de material, el obstáculo que salvan, el sistema estructural y el anclaje.

En cuanto a la clasificación según el sistema estructural podemos encontrar los puentes arco, colgantes, atirantados, en ménsula y de viga- losa, este último es el que se utiliza con mayor frecuencia para la superestructura de puentes convencionales.

**1.4.1 Puentes de Viga y Losa:** Están formados fundamentalmente por elementos horizontales que se apoyan en sus extremos sobre soportes o pilares. Las vigas o elementos horizontales tienden a flexionarse como consecuencia de las cargas que soportan. El esfuerzo de flexión supone una compresión en la zona superior de las vigas y una tracción en la inferior.

***Figura 4. Puente de viga sobre el río Pisuerga (España)***



Fuente:[http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Puente\\_de\\_viga\\_Divisi%C3%B3n\\_Azul\\_Valladolid\\_Rio\\_Pisuerga.JPG](http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Puente_de_viga_Divisi%C3%B3n_Azul_Valladolid_Rio_Pisuerga.JPG)

## 1.5 CONCRETO REFORZADO

El concreto reforzado es una combinación de concreto y acero, en la que el refuerzo de acero proporciona la resistencia a tensión de la que carece el concreto. El acero de refuerzo es también capaz de resistir fuerzas de compresión.

El concreto reforzado es probablemente el material disponible más importante para la construcción. Puede usarse en una u otra forma en casi todas las estructuras grandes o pequeñas, como en edificios, puentes, pavimentos, presas, etc.

El gran éxito de este material universal en la construcción puede explicarse fácilmente si se consideran sus numerosas ventajas pero se debe estar familiarizado con sus puntos débiles. A continuación se presentan algunas ventajas y desventajas del concreto reforzado<sup>3</sup>.

**Cuadro 1. Ventajas y desventajas del concreto reforzado.**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Tiene una resistencia considerable a la compresión en comparación con otros materiales.	El concreto tiene muy baja resistencia a tensión por lo que requiere un refuerzo de tensión.
Posee gran resistencia al fuego y al agua, por ello es el mejor material estructural que existe para los casos en los que el agua se halle presente.	Se requieren formaletas o encofrados para tener el concreto en posición hasta que endurezca superficialmente.
Las estructuras de concreto reforzado son muy rígidas. Requiere de poco mantenimiento.	La baja resistencia por unidad de peso del concreto conduce a miembros pesados, esto se vuelve muy importante en estructuras de grandes luces donde el gran peso muerto del concreto tiene un fuerte efecto en los momentos flexionantes.
Tiene larga vida de servicio, puesto que se resistencia no disminuye sino que aumenta con los años debido a la solidificación de la pasta de cemento.	Similarmente, la baja resistencia por unidad de volumen de concreto implica que los miembros serán relativamente grandes, lo que es considerablemente importante en edificios altos y en estructuras de grandes luces.
Una característica del concreto es la posibilidad de colocarlo en una variedad de formas que van desde simples losas, vigas y columnas hasta grandes arcos.	Las propiedades del concreto varían ampliamente debido a las variaciones en sus dosificaciones y mezclado, además el colado y el curado de concreto no son tan cuidadosamente controlados como la producción de otros materiales.
Se requiere mano de obra de baja calificación para su montaje en comparación con otros materiales como el acero estructural.	

<sup>3</sup> McCORMAC, Jack C. DISEÑO DE CONCRETO REFORZADO, 4 ed. México D.F.: AlfaOmega grupo editor, 2002. 1-3p.

## 1.6 ESVAIAJE

El esviaje en un puente se presenta cuando el tablero conforma un ángulo diferente de  $90^\circ$  entre la horizontal de los apoyos y el eje longitudinal del tablero.

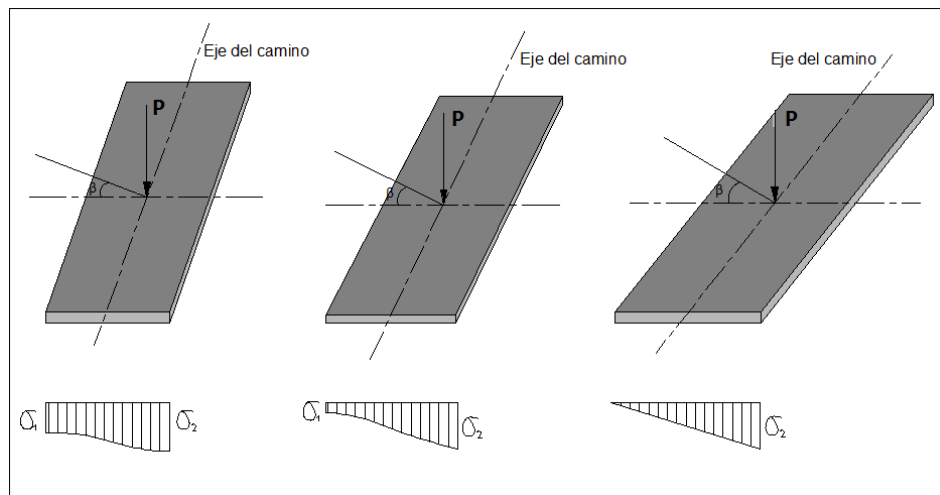
El factor que influye en la construcción de un puente con esviaje es la topografía del terreno donde se desea construir un puente.

En la mayor parte de los casos modernos los puentes son esviajados, no presentando mayores problemas ni inconvenientes si éstos están compuestos por vigas, en cambio cuando se trata de losas simplemente apoyadas los esfuerzos que en ellas se presentan difieren de los de las losas rectas, aumentando esta diferencia con el ángulo de esviaje.

Los tableros con planta curva también tienen las mismas dificultades, las cuales aumentan mientras menor sea el radio de curvatura y mayor la longitud de los tramos.

En el caso de losas simplemente apoyadas las cargas se transmiten a los apoyos extremos tratando de seguir el camino más corto para llegar a ellos<sup>4</sup>.

**Figura 5. Variación de esfuerzos según el esviaje.**



Fuente: Puentes de Hugo Belmonte

<sup>4</sup> <http://www.ingenierocivilinfo.com/2011/02/disenio-y-construccion-de-puentes.html>

## 2. PROCEDIMIENTOS

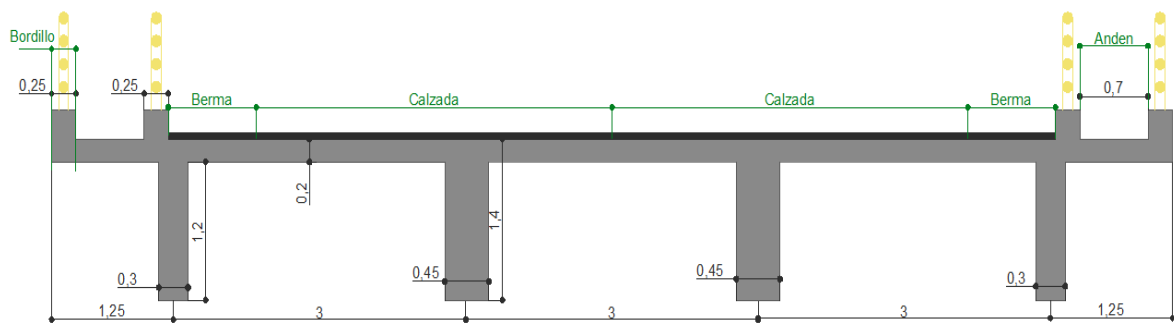
Las memorias de cálculo se encuentran en el Anexo A, de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados.

En este proyecto se realizarán dos modelos de puentes, estos son:

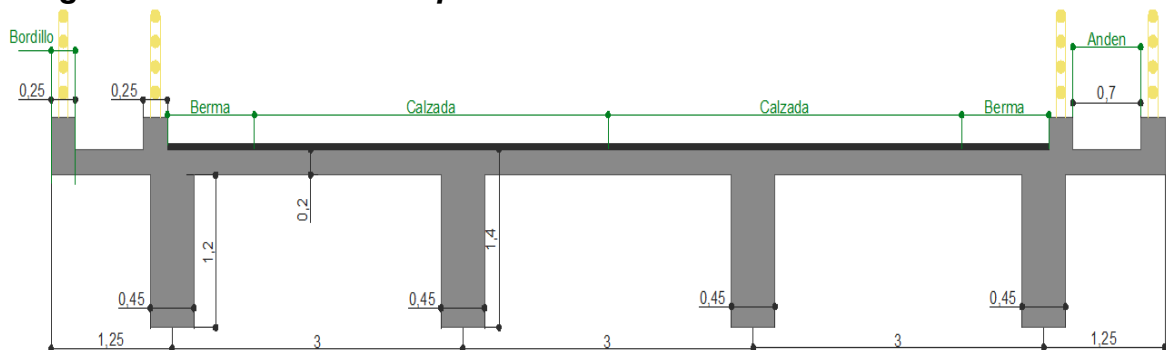
1. **Caso A:** Puente con las vigas exteriores e interiores de 45 cm de ancho.
2. **Caso B:** Puente con las vigas exteriores de 30 cm de ancho y las vigas interiores de 45 cm.

Esto se hace con el fin de apreciar los comportamientos del puente dependiendo del cambio de estas dimensiones.

**Figura 6. Dimensiones del puente - Caso A**



**Figura 7. Dimensiones del puente - Caso B**



Las cargas muertas que soporta el puente son las que se muestran a continuación, para calcularlas se siguió el procedimiento del anexo A.

**Tabla 1. Cargas puente.**

		Altura	Base	Peso (KN/m)		
Carga longitudinal	Viga T	1.2	0.3	8.64		
		Altura	Base	Peso (KN/m)		
Carga longitudinal	Viga T	1.2	0.45	4.6656		
		Altura	Base	Profundidad	Peso (KN)	KN/m
Riostra exterior	Riostra	1.2	0.25	11.5	82.8	7.2
	Losa	0.2	1.25	11.5	69	6
						<b>13.2</b>
		Altura	Base	Profundidad	Peso (KN)	KN/m
Vigas interiores	Capa asfalto	0.05	2.5	9.1	2.275	<b>0.25</b>
Riostra exterior	Capa asfalto	0.05	1.25	9.1	1.1375	<b>0.125</b>
Riostra interior y viga interior	Losa	0.2	2.5	9.1	109.2	<b>12</b>
riostra interior	riostras T	1	0.2	11.5	55.2	4.8
	losa	0.2	2.5	11.5	138	12
						<b>16.8</b>

**Tabla 2. Cargas voladizo.**

		Altura	Base	Profundidad	Peso (KN)	KN/m
Bordillos	Bordillo interior	0.25	0.25	20	30.00	<b>1.50</b>
	Bordillo exterior	0.25	0.25	20	30.00	<b>1.50</b>
Capa rodadura peatonal	Interior 2,5	0.05	2.5	0.7	2.0125	<b>2.88</b>
	Exterior 1,25	0.05	1.25	0.7	1.00625	<b>1.44</b>

### Desplazamientos.

Para hallar el desplazamiento X que se da en cada punto del puente dependiendo del esviaje se procede como se muestra en el anexo A. Las distancias que se tomaron son referentes a como se modelo la estructura en SAP.

**Tabla 3. Desplazamientos**

Angulo 10°		Angulo 20°		Angulo 25°	
Distancia (m)	X	Distancia (m)	X	Distancia (m)	X
0.125	0.022	0.125	0.045	0.125	0.058
0.6	0.106	0.6	0.218	0.6	0.280
1.075	0.190	1.075	0.391	1.075	0.501
1.25	0.220	1.25	0.455	1.25	0.583
4.25	0.749	4.25	1.547	4.25	1.982
7.25	1.278	7.25	2.639	7.25	3.381
10.25	1.807	10.25	3.731	10.25	4.780
10.425	1.838	10.425	3.794	10.425	4.861
10.9	1.922	10.9	3.967	10.9	5.083
11.375	2.006	11.375	4.140	11.375	5.304
11.5	2.028	11.5	4.186	11.5	5.363

Angulo 30°		Angulo 35°		Angulo 40°		Angulo 45°	
Distancia (m)	X	Distancia (m)	X	Distancia (m)	X	Distancia (m)	X
0.125	0.072	0.125	0.088	0.125	0.105	0.125	0.125
0.6	0.346	0.6	0.420	0.6	0.503	0.6	0.600
1.075	0.621	1.075	0.753	1.075	0.902	1.075	1.075
1.25	0.722	1.25	0.875	1.25	1.049	1.25	1.250
4.25	2.454	4.25	2.976	4.25	3.566	4.25	4.250
7.25	4.186	7.25	5.077	7.25	6.083	7.25	7.250
10.25	5.918	10.25	7.177	10.25	8.601	10.25	10.250
10.425	6.019	10.425	7.300	10.425	8.748	10.425	10.425
10.9	6.293	10.9	7.632	10.9	9.146	10.9	10.900
11.375	6.567	11.375	7.965	11.375	9.545	11.375	11.375
11.5	6.640	11.5	8.052	11.5	9.650	11.5	11.500

## MODELAMIENTO

El modelamiento de la estructura se hizo en el programa de análisis matricial SAP 2000. Los pasos que se siguieron para modelar el puente se encuentran en el anexo B.

**Las variables** a tener en cuenta para el modelamiento son las siguientes:

- Para modelar el puente se tienen muchas alternativas, aquí se presentaran dos: en primer lugar se tiene la que se empleo en esta tesis que consiste en hacer que los centros de masa de los elementos coincidan. En segundo lugar cuando los centroides no coincidan se deben crear elementos de

unión entre las partes del puente que se requieran, para que la estructura se mueva como un todo.

Aunque con la primera alternativa el puente se vea con los elementos sobrepuestos, no quiere decir que no se comporte de la misma forma que con la segunda alternativa.

- Se deben aplicar *releases* a los elementos que no transmitan momentos ni torsiones como las riostras y también aquellos elementos que se añadan al modelo para asignar cargas como por ejemplo los elementos que se crearon en los voladizos para asignas las cargas de las barandas, bordillos y carga viva peatonal.

### 3. ANALISIS DE RESULTADOS

#### 3.1 CASO A

Puente con vigas exteriores e interiores de ancho igual a 45 cm.

##### 3.1.1 Puente modelado Con riostra.

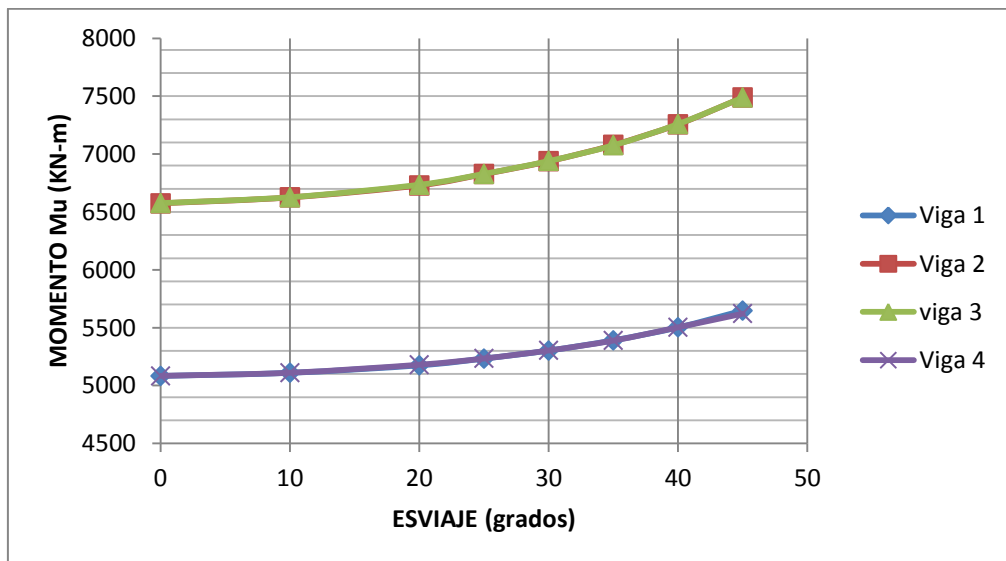
El modelamiento de la estructura por medio del programa SAP 2000, arrojo los resultados mostrados a continuación para cada una de las vigas.

Vigas 1 y 4: corresponden a las vigas exteriores.

Vigas 2 y 3: corresponden a las vigas interiores.

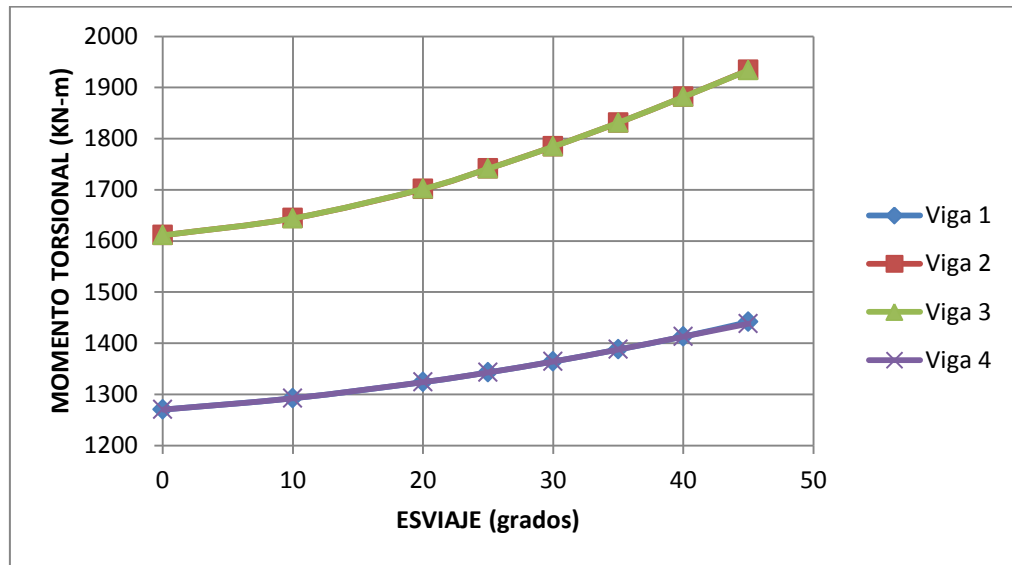
En las siguientes gráficas se hace una comparación de las fuerzas internas y de las cantidades de aceros actuantes en las vigas para el modelo del caso A con riostra. Las tablas correspondientes a los datos obtenidos para este modelo se encuentran en el anexo C (Tablas 1- 8).

**Gráfica 1. Momento máximo en vigas – Caso A con riostra.**



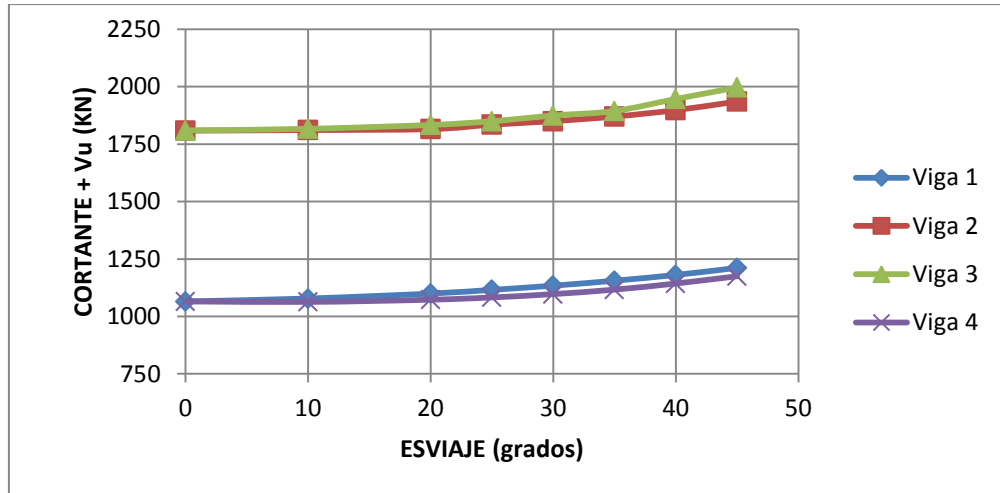
Esta gráfica muestra el comportamiento de los momentos de cada viga a medida que aumenta el ángulo de esviaje del puente, las vigas interiores (viga 2 y 3) presentan mayores valores de momentos respecto de las vigas exteriores con una variación de 12.17%.

**Gráfica 2. Momento torsor máximo en vigas - Caso A con riostra.**



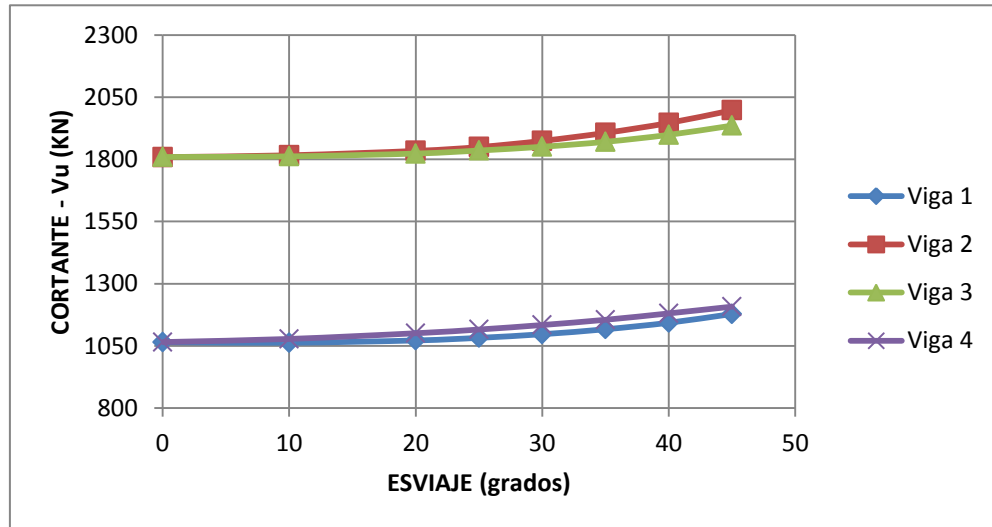
Los momentos torsores presentes en las vigas crecen a medida que el esviaje aumenta, las vigas interiores presentan mayores momentos torsores con un incremento de 16.68% desde el esviaje 0° hasta 45°. Las vigas exteriores (viga 1 y 4) tienen un incremento alrededor de 9.9%. Esto nos indica que las vigas interiores presentan mayor sollicitación a torsión.

**Gráfica 3. Cortante máximo positivo en vigas - Caso A con riostra.**



En esta gráfica se puede observar la variación de los esfuerzos cortantes para cada una de las vigas que conforman el puente a medida que va cambiando el esviaje en la estructura. Se puede ver que las vigas exteriores tienen menor cortante aunque presentan un mayor incremento (10.69%) que las vigas interiores (7.96%).

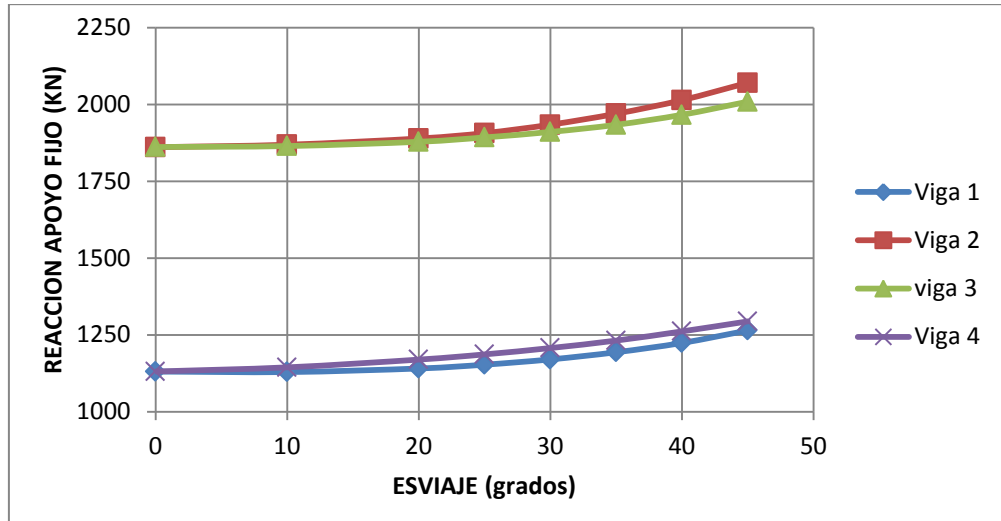
**Gráfica 4. Cortante máximo negativo en vigas – Caso A con riostra.**



En esta gráfica se puede observar que los cortantes negativos presentes en las vigas tienen una variación ascendente con respecto al esviaje. Estos presentan un comportamiento similar a los cortantes positivos. En promedio la variación de

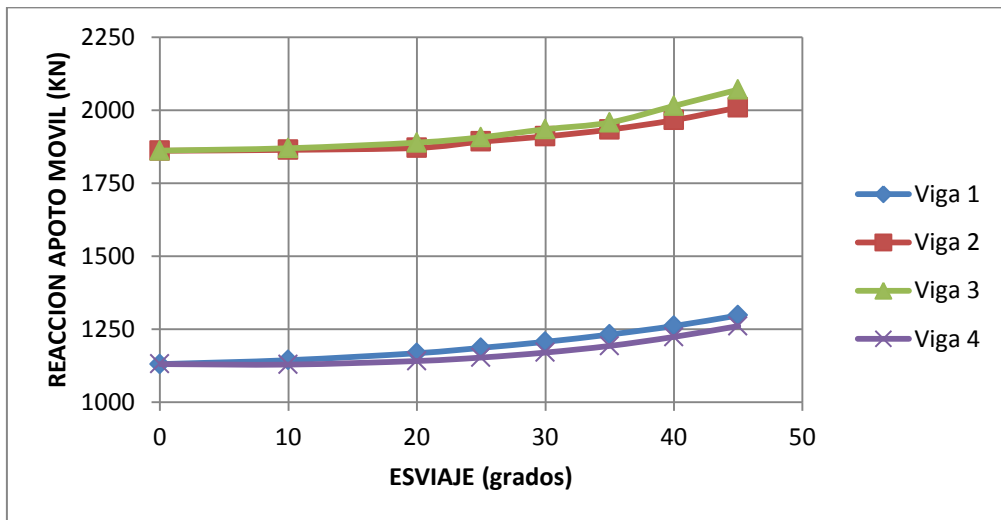
los cortantes de las vigas exteriores es del 10.69%, mientras que las vigas interiores presentan un incremento del 7.96%.

**Gráfica 5. Reacción apoyo fijo en vigas – Caso A con riostra.**



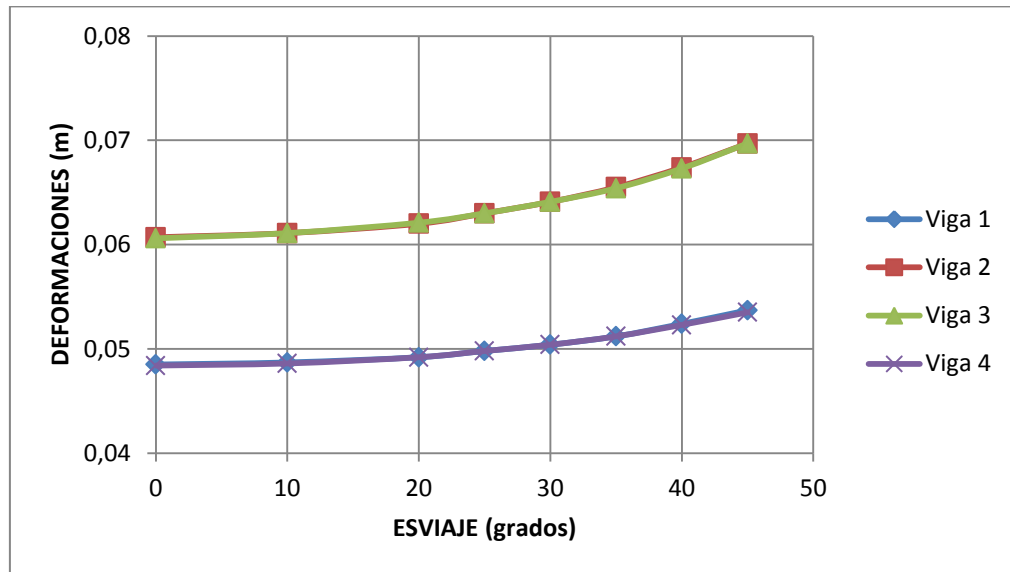
En esta gráfica se aprecia la tendencia de las reacciones de los apoyos fijos de cada viga, estas aumentan al presentarse un incremento en el ángulo de esviaje siendo las vigas interiores las que tienen mayores valores con una variación de 8.73%. Las vigas exteriores aunque tienen reacciones menores la variación que presentan es mayor que las de las vigas interiores con un 11.57%.

**Gráfica 6. Reacción apoyo móvil en vigas – Caso A con riostra.**



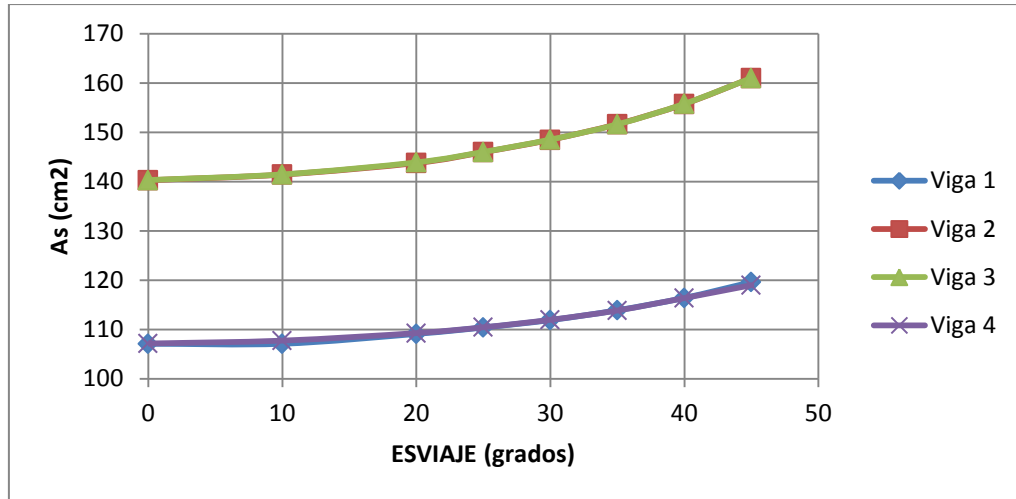
Esta gráfica muestra el comportamiento de las reacciones en el apoyo móvil, estas tiene similitud con la tendencia de las reacciones en el apoyo fijo. La variación de las vigas interiores es de 8.72% y las vigas exteriores es de 11.58%.

**Gráfica 7. Deformaciones en vigas – Caso A con riostra.**



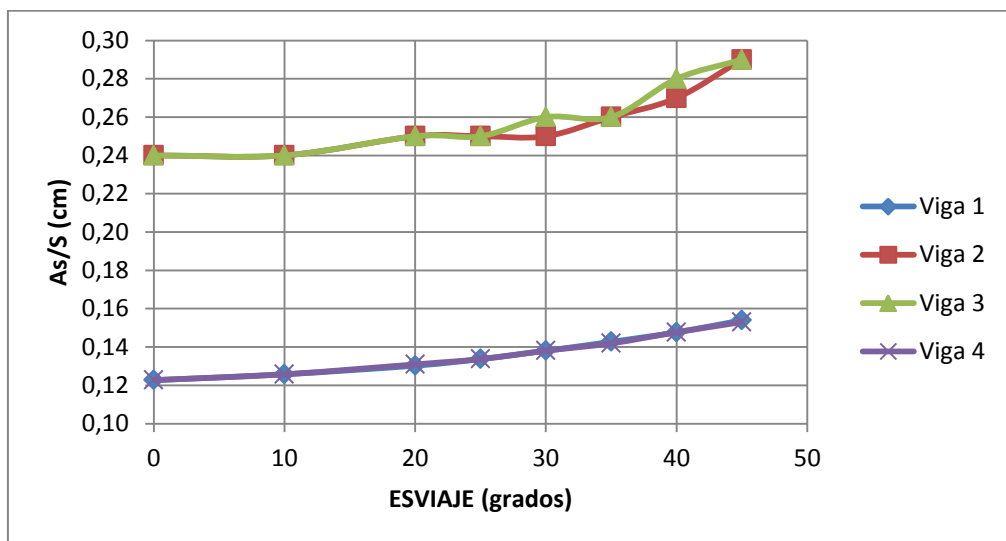
Las deformaciones en el centro de luz de las vigas aumentan a medida que se incrementa el esviaje, siendo mayor para las vigas interiores que para las exteriores. Las vigas 1 y 4 presentan deformaciones idénticas al igual que las vigas 2 y 3. La variación en el cambio de las deformaciones con respecto al esviaje es de 13% para las vigas interiores y de 9.6% para las exteriores.

**Gráfica 8. Refuerzo longitudinal en vigas – Caso A con riostra.**



En esta gráfica se observa la sollicitación de refuerzo a flexión en el centro de luz de las vigas al aumentar el esviaje en el puente, al igual que en las fuerzas internas el comportamiento de la cantidad de aceros se incrementa al aumentar el esviaje, las vigas interiores requieren más refuerzo que las vigas exteriores, su incremento es de 12.8%, mientras que la variación del acero en las vigas exteriores es de 10%.

**Gráfica 9. Relación entre la separación y el refuerzo a cortante en vigas Caso A con riostra.**

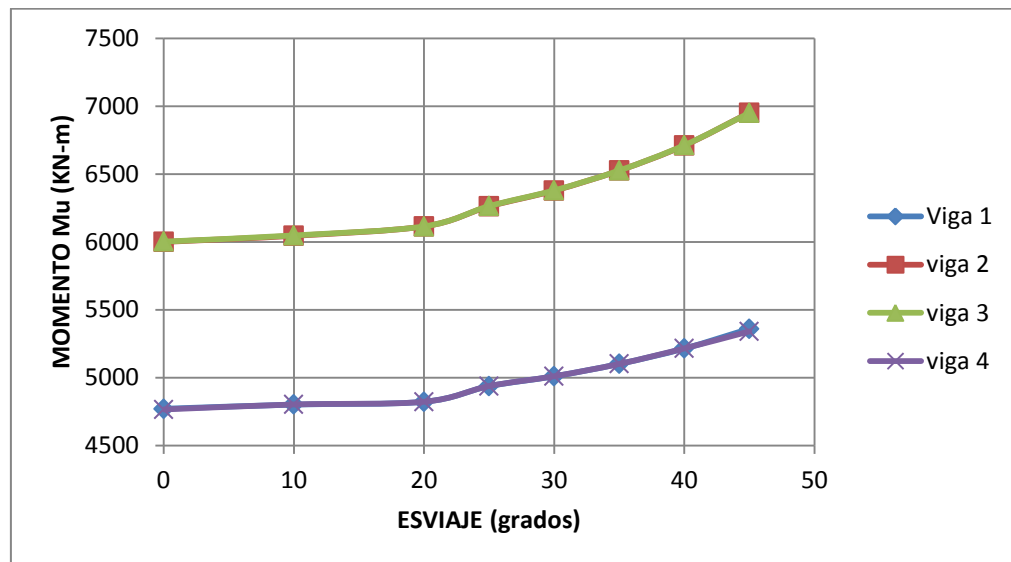


La relación del refuerzo a cortante con su separación presenta un aumento a medida que se va incrementando el esviaje. En las vigas exteriores se requiere una separación de refuerzo mayor que en las vigas interiores, dando por esto una menor relación  $A_s/S$ . Las vigas interiores requieren mayor refuerzo a cortante, por ende menor separación entre ellos y presentan un comportamiento discontinuo al variar el ángulo de esviaje.

### 3.1.2 Puente modelado sin riostra.

En las siguientes gráficas se hace una comparación de las fuerzas internas y de las cantidades de aceros actuantes en las vigas para el modelo del puente sin riostra. Las tablas correspondientes a los datos obtenidos para este modelo se encuentran en el anexo C (Tablas 9- 16).

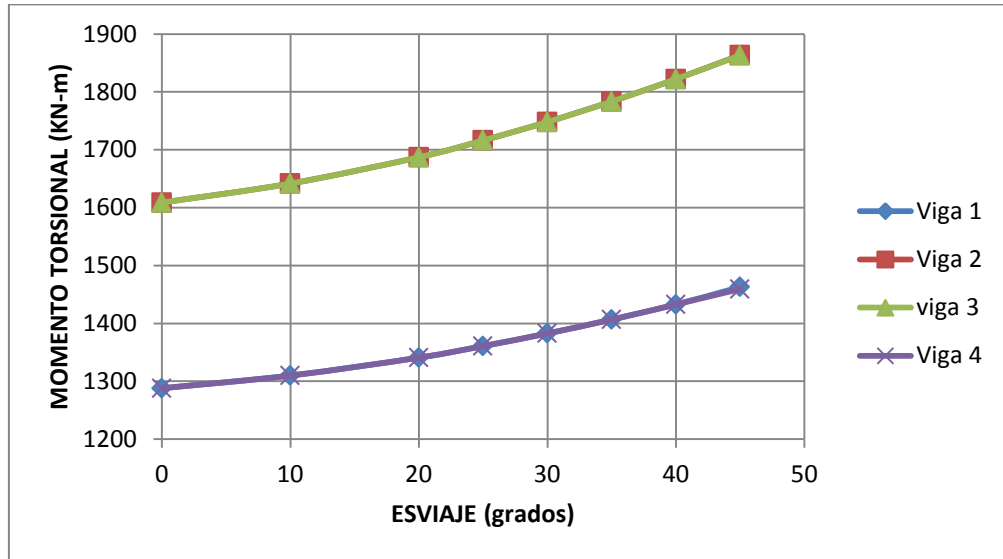
**Gráfica 10. Momento máximo en vigas – Caso A sin riostra.**



En esta gráfica se pueden apreciar los momentos actuantes en las vigas debidos al ángulo de esviaje cuando el puente no posee riostra. En los esviajes comprendidos entre  $0^\circ$  y  $20^\circ$  se mantiene una baja variación (1%), mientras que para esviajes mayores a  $20^\circ$  hay un aumento considerable en los momentos

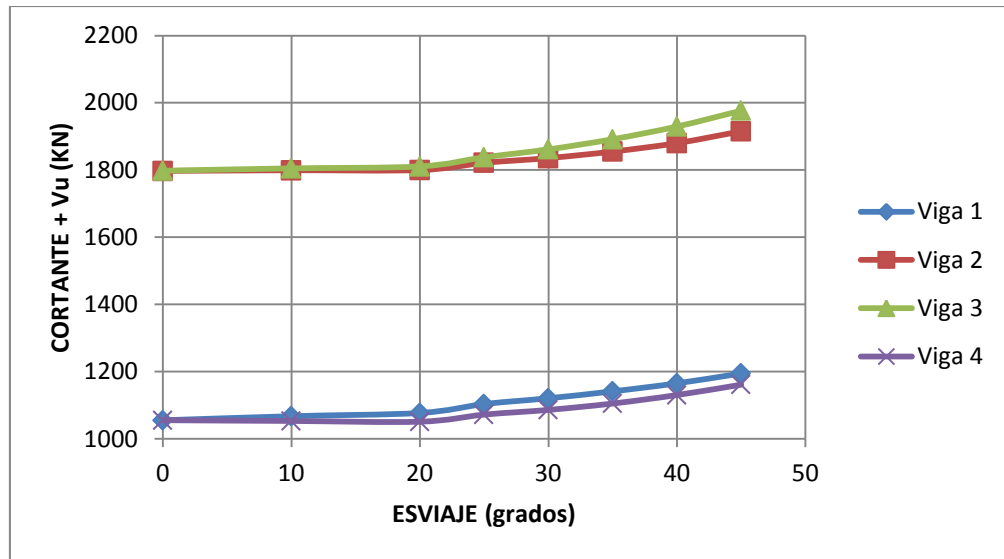
actuantes en las vigas, con un porcentaje de variación del 11%. Esto se da tanto en las vigas interiores como en las exteriores, siendo menores los momentos producidos en las vigas exteriores.

**Gráfica 11. Momento torsor máximo en vigas – Caso A sin riostra.**



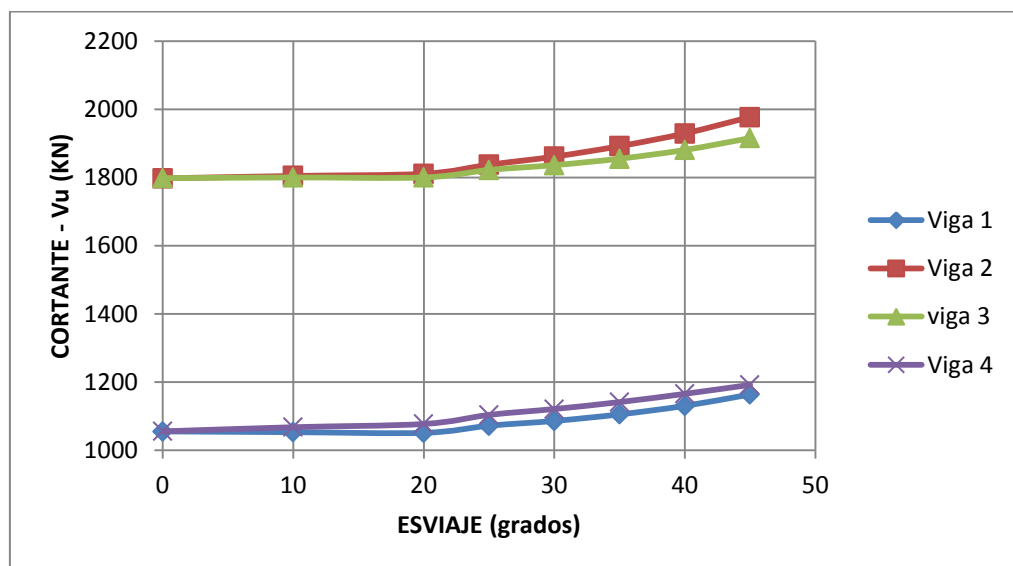
Esta gráfica muestra que los momentos torsores aumentan cuando se incrementa el esviaje en el puente. Las vigas interiores presentan mayor torsión con una variación del 13.6% para esviajes entre 0° y 45°, mientras que las vigas exteriores (vigas 1 y 4) tienen un incremento del 11.7%.

**Gráfica 12. Cortante positivo máximo en vigas – Caso A sin riostra.**



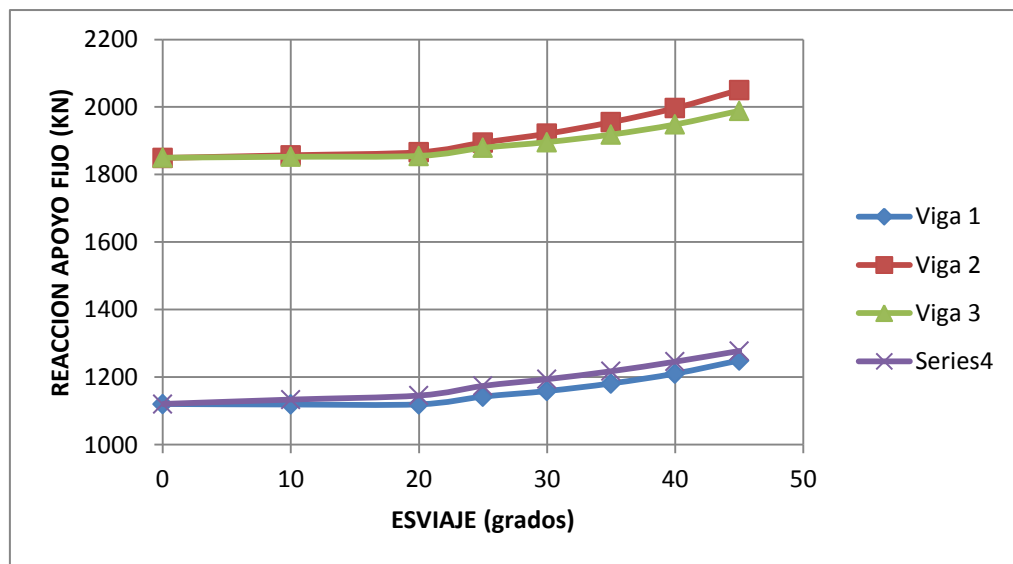
La variación de los esfuerzos cortantes positivos para cada una de las vigas que conforman el puente tiene un aumento significativo después de los 20° de esviaje. Se puede ver que las vigas exteriores tienen menor cortante y su incremento es del 9.4% desde el esviaje 20° hasta el 45°, en la viga 4 los cortantes tienen una disminución de 0.4% desde el esviaje 0° hasta 20°. Las vigas interiores tienen una variación promedio de 7.22%.

**Gráfica 13. Cortante negativo máximo en vigas – Caso A sin riostra.**



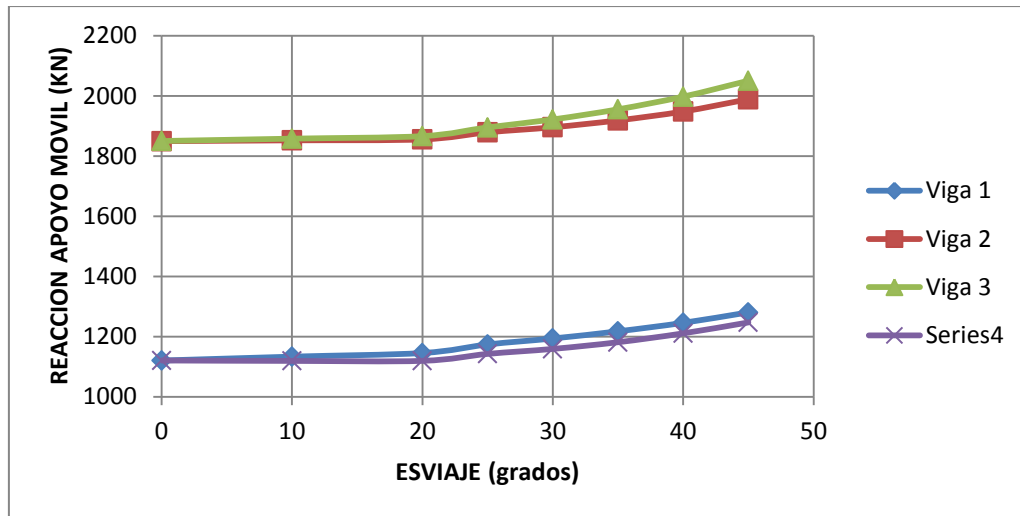
En esta grafica se observa el cambio en los cortantes negativos para los diferentes esviajes. Para la viga 1 los cortantes de 0° a 20° de esviaje tienden a disminuir (0.4%) y después de los 20° aumentan con una variación del 9.6%. La viga 4 presenta un aumento considerable después de los 20° de esviaje y tiene mayores cortantes que la viga 1. En las vigas interiores los cortantes son mayores con un incremento del 7.2%.

**Gráfica 14. Reacción apoyo fijo en vigas – Caso A sin riostra.**



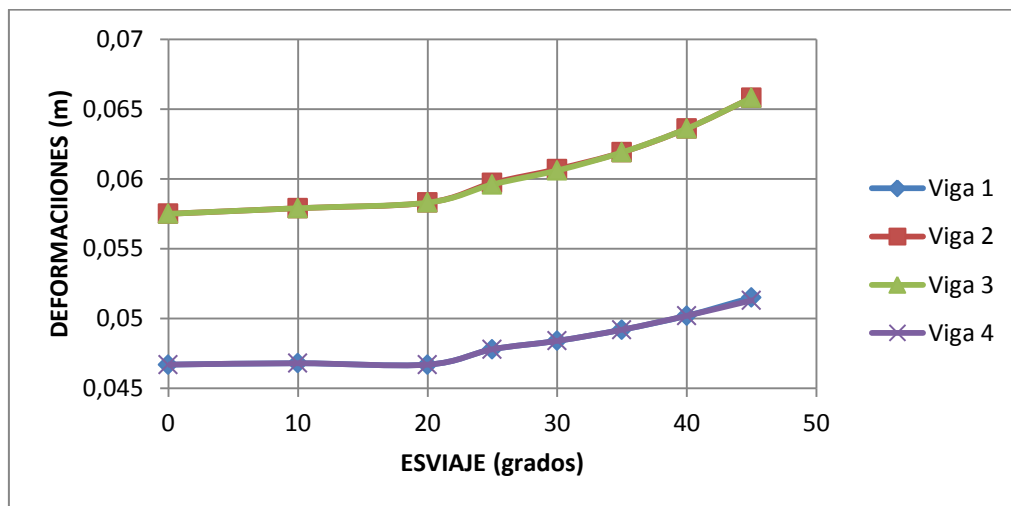
En esta gráfica se aprecia la tendencia de las reacciones de los apoyos fijos de cada viga, estas aumentan después de los 20° de esviaje siendo las vigas interiores las que tienen mayores valores con una variación de 7.84%. Las vigas exteriores aunque tienen reacciones menores la variación que presentan es mayor con un 10.3%.

**Gráfica 15. Reacción apoyo móvil en vigas – Caso A sin riostra.**



Las reacciones del apoyo móvil son similares a las del apoyo fijo, presentando las vigas interiores una variación del 8.2% y las vigas exteriores 10.3%.

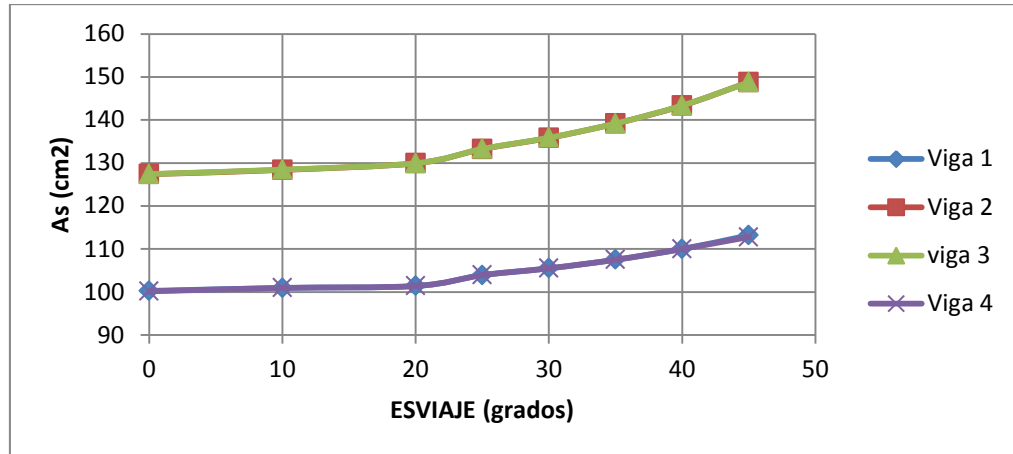
**Gráfica 16. Deformaciones en vigas – Caso A sin riostra.**



Esta gráfica relaciona las deformaciones producidas en las vigas al aumentar el esviaje. Las vigas interiores presentan mayores deformaciones, sin cambio significativo en ángulos menores de 20° y aumentan a medida que se incrementa el esviaje. En las vigas exteriores se presentan menores deformaciones con un

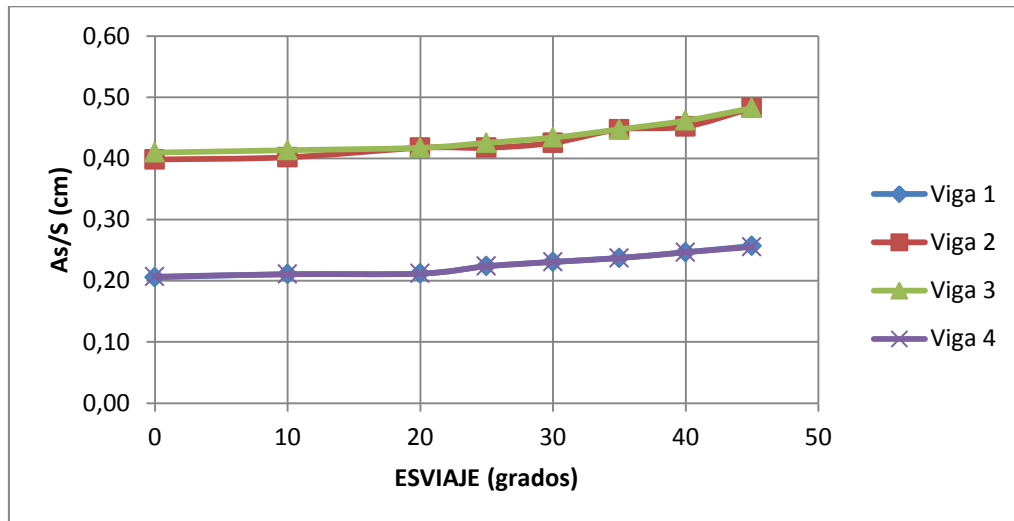
incremento de 9% entre los ángulos 20° y 45° y no presentan variación alguna en los ángulos menores de 20°.

**Gráfica 17. Refuerzo longitudinal en vigas – Caso A sin riostra.**



En esta gráfica se muestran las cantidades de acero que se requieren a flexión cuando cambia el esviaje. Las vigas interiores requieren más refuerzo ya que son las que se presentan mayores momentos como se muestra en la gráfica 10. El comportamiento de las vigas exteriores e interiores es similar pues aunque aumenta a medida que se incrementa el esviaje, para ángulos menores de 20° no tienen una variación significativa y luego de los 20° aumenta considerablemente.

**Gráfica 18. Relación entre la separación y el refuerzo a cortante en vigas  
Caso A sin riostra.**



La relación del refuerzo a cortante con su separación presenta un aumento después de los 20° a medida que se va incrementando el esviate. En las vigas exteriores se requiere una separación de refuerzo mayor que en las vigas interiores, dando por esto una menor relación  $A_s/S$ . Las vigas interiores requieren mayor refuerzo a cortante, por ende menor separación entre ellos y presentan un comportamiento discontinuo al variar el ángulo de esviate.

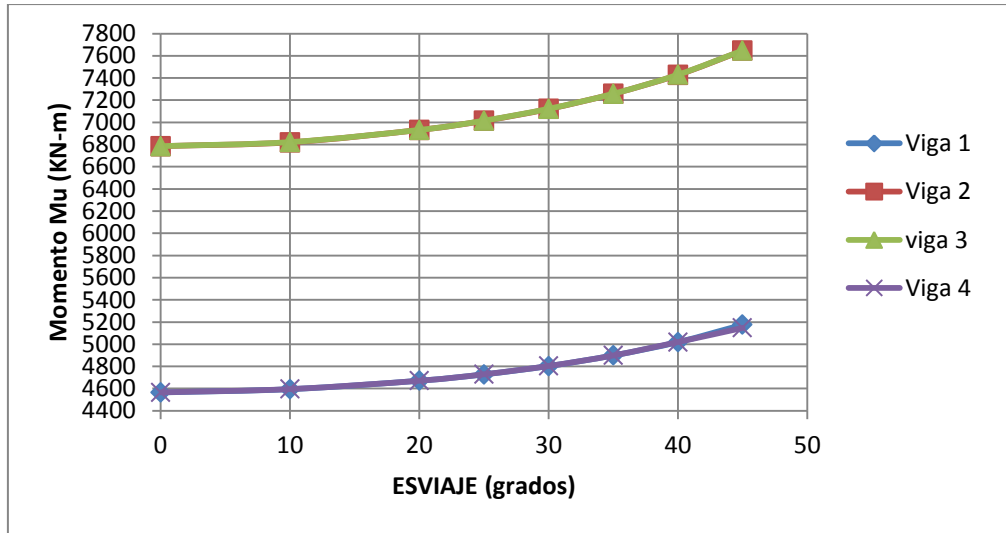
### 3.2 CASO B

Puente con vigas exteriores de ancho igual a 30 cm e interiores de ancho 45 cm.

#### 3.2.1 Puente modelado Con riostra.

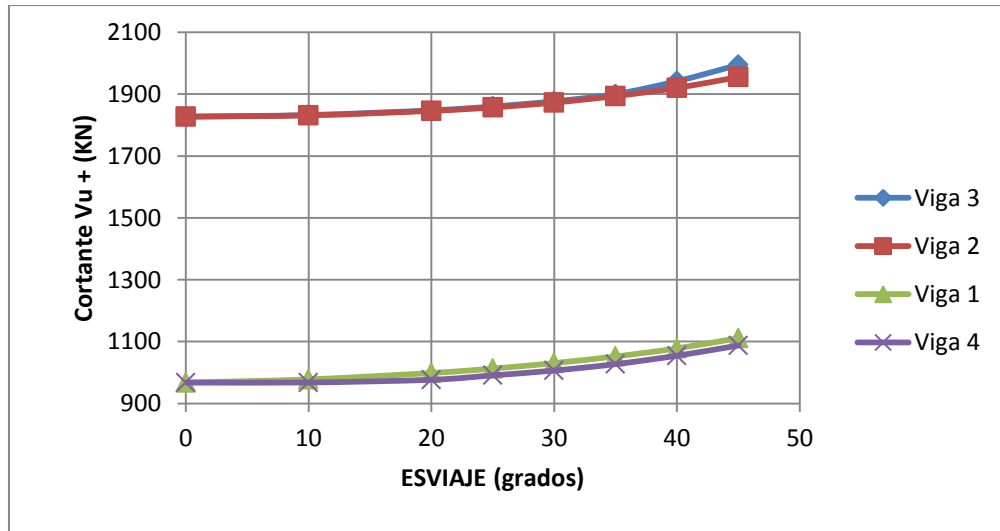
En las siguientes gráficas se hace una comparación de las fuerzas internas y las cantidades de aceros actuantes en las vigas. Las tablas correspondientes a los datos obtenidos para este modelo se encuentran en el anexo C (Tablas 17-24).

**Gráfica 19. Momentos máximos en vigas – Caso B con riostra.**



En esta grafica se puede ver los momentos máximos de las vigas respecto al esviaje. Los momentos para todas las vigas desde 0° a 45° aumentan, con una variación que está alrededor del 11%, esto indica que aunque las vigas interiores este solicitadas a mayor momento el comportamiento es muy similar.

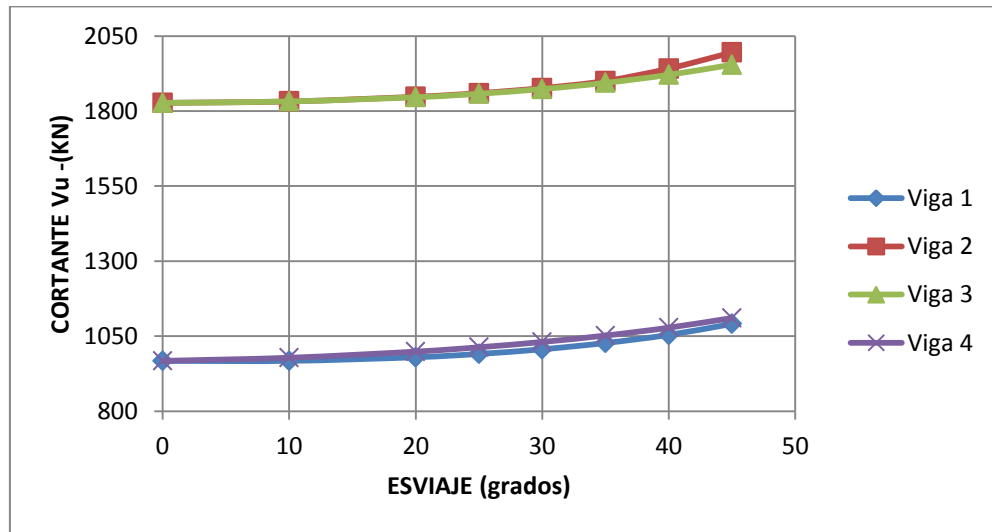
**Gráfica 20. Cortantes máximos positivos en vigas – Caso B con riostra.**



En esta grafica se puede observas los cortantes positivos máximos de las vigas respecto al esviaje. Para las vigas interiores (vigas 2 y 3) se presentan los mayores cortantes con un variación del 7.45%, en cambio para las vigas exteriores

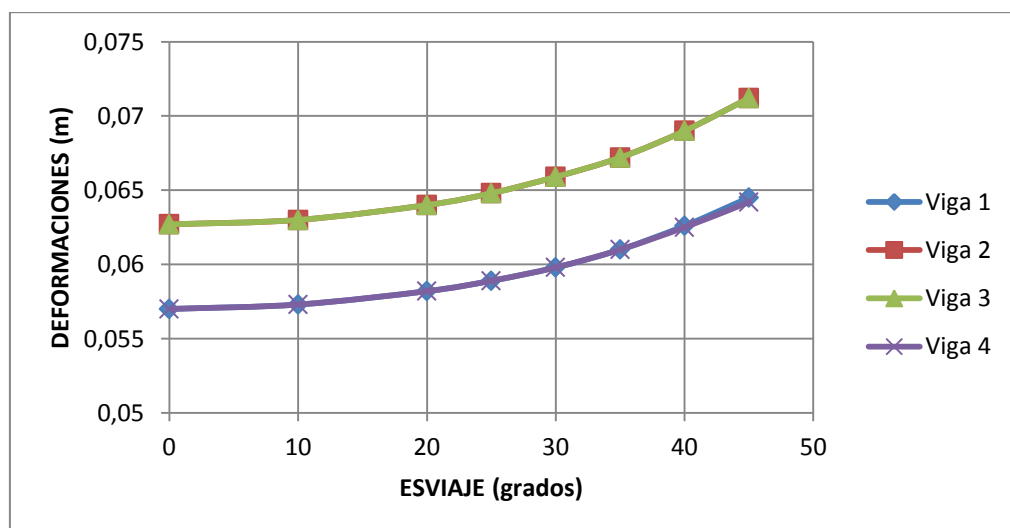
(vigas1y4) la variación es del 11.97%, lo cual hace que su comportamiento sea más incierto que el de las vigas interiores. Para todas las vigas los cortantes positivos crecen cuando aumenta el esviaje.

**Gráfica 21. Cortantes máximos negativos en vigas – Caso B con riostra.**



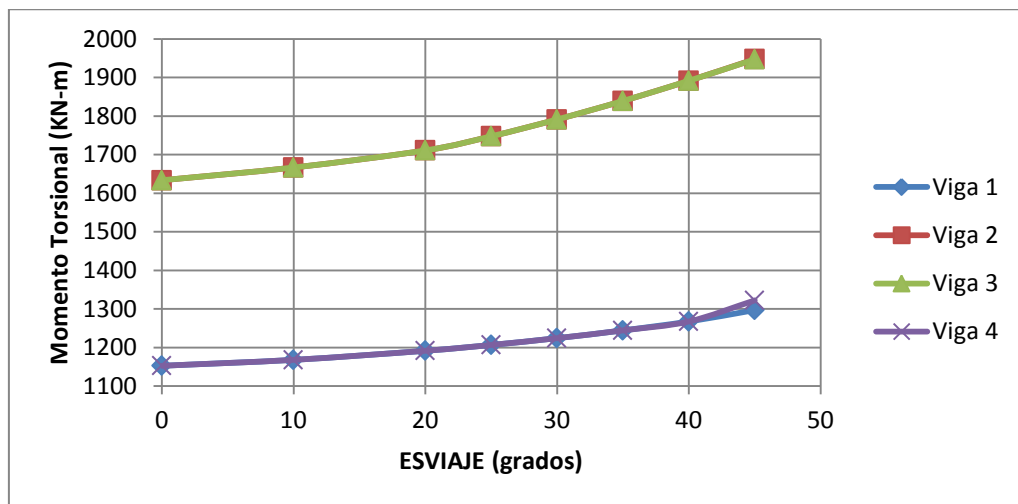
En esta grafica se puede apreciar los cortantes máximos negativos de las vigas respecto al esviaje. El comportamiento es similar al de los cortantes positivos máximos, descrito en la grafica anterior.

**Gráfica 22. Deformaciones en vigas – Caso B con riostra.**



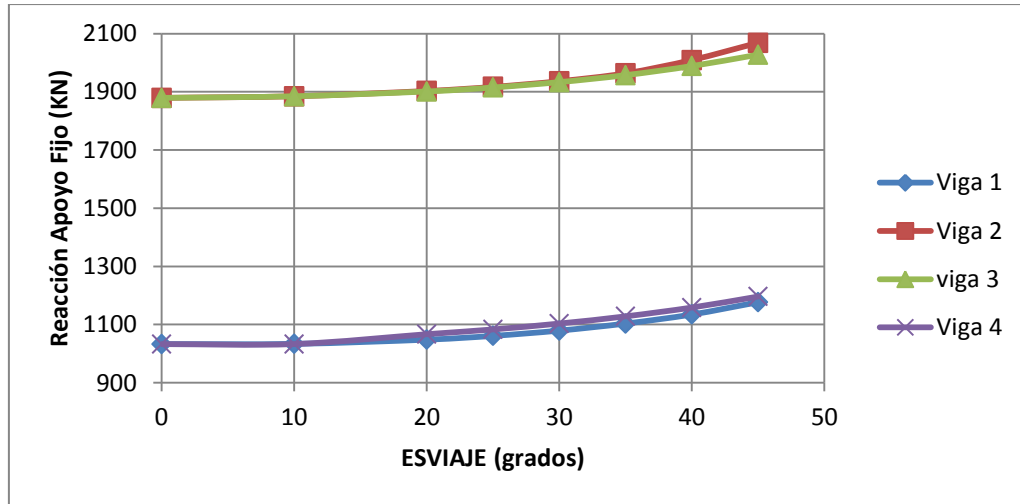
En esta grafica se observa las deformaciones máximas de las vigas respecto al esviaje. Las deformaciones en todas las vigas tienden a aumentar cuando el esviaje es mayor. Para las vigas interiores se presentan deformaciones más grandes, con una variación del 11.93% desde 0° hasta 45°. Las vigas exteriores aunque presentan menor deformación la variación de dichas deformaciones es similar a las interiores con un 11.42% lo cual hace que todas las vigas posean el mismo comportamiento.

**Gráfica 23. Momento Torsor máximo en vigas – Caso B con riostra.**



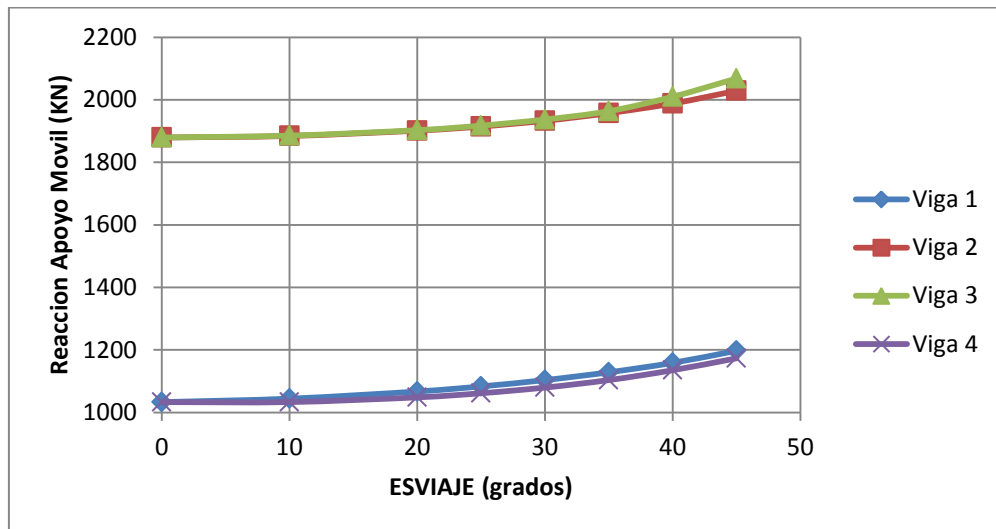
En esta grafica se observa los momentos torsores de las vigas respecto al esviaje. El momento torsional en todas las vigas tienden a aumentar cuando el esviaje es mayor. Para las vigas interiores se presentan valores de torsión más grandes y una variación de ellos del 16.11%, en cambio en las vigas exteriores los momentos torsores son menores y su variación es del 11.98%, comparando las cuatro vigas se puede decir que las vigas interiores son más susceptible a la torsión.

**Gráfica 24. Reacción apoyo fijo en vigas – Caso B con riostra.**



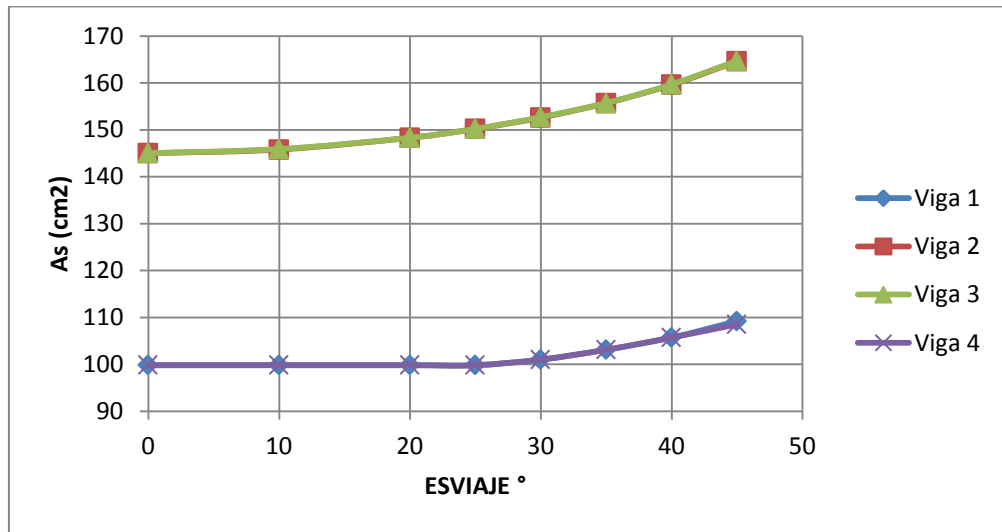
En esta grafica se puede observar las reacciones del apoyo fijo de las vigas respecto al esviaje. La tendencia de las reacciones por apoyo fijo es de aumentar a medida que es mayor el esviaje siendo las reacciones de los apoyos de las vigas interiores mayores que el de las exteriores y sus variaciones son del 8.23% y 12.95% respectivamente, siendo las exteriores las que poseen un comportamiento más variable.

**Gráfica 25. Reacción apoyo móvil en vigas – Caso B con riostra.**



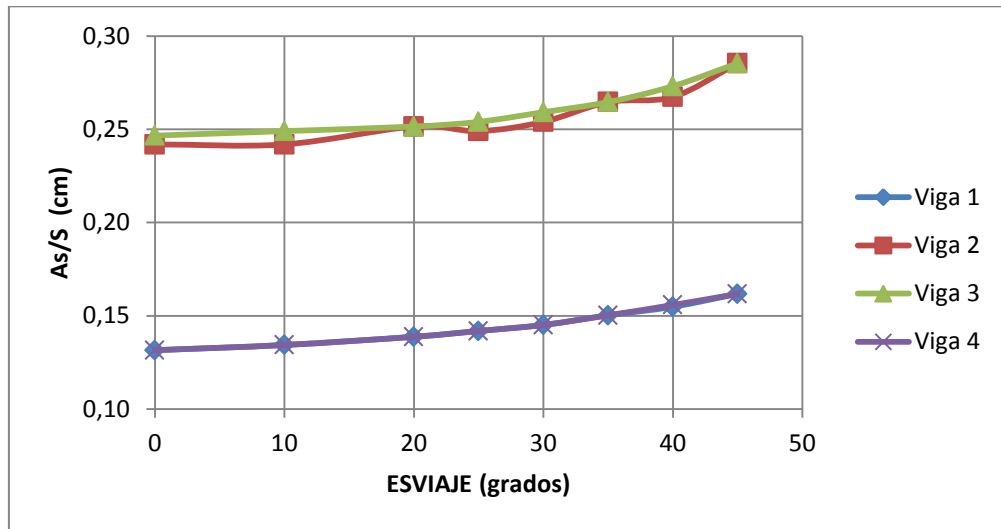
En esta grafica se puede apreciar las reacciones por apoyo móvil de las vigas respecto al esviaje. El comportamiento es similar al de las reacciones por apoyo fijo descrito en la grafica anterior.

**Gráfica 26. Refuerzo longitudinal en vigas – Caso B con riostra.**



En esta grafica se puede ver la cantidad de acero por flexión respecto al esviaje. Al igual que en las fuerzas internas el comportamiento del refuerzo se incrementa al aumentar el esviaje, las vigas interiores requieren más refuerzo que las exteriores su incremento es del 11.93%, mientras que la variación del acero en las vigas exteriores es del 8.31%.

**Gráfica 27. Relación entre la separación y el refuerzo a Cortante en vigas  
Caso B con riostra.**

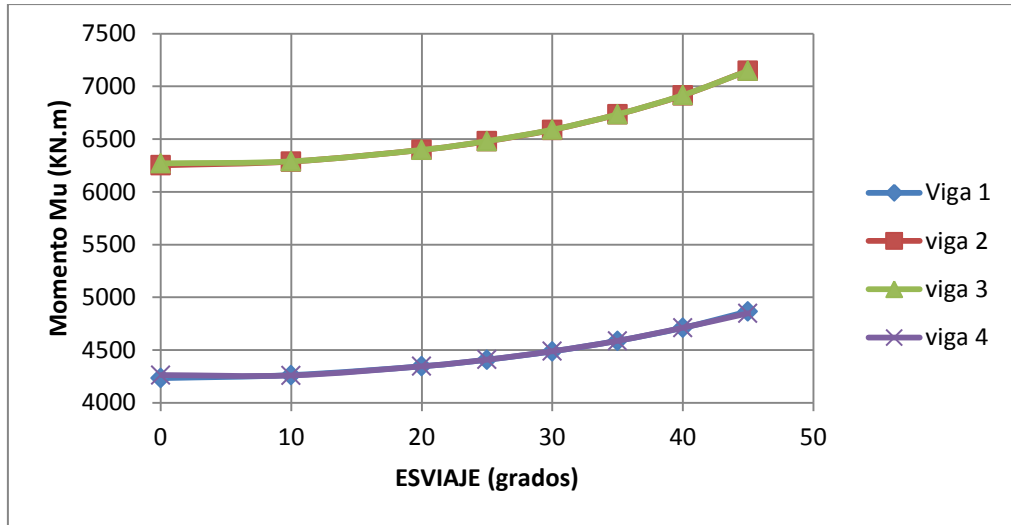


La relación del refuerzo a cortante con su separación presenta un aumento a medida que se va incrementando el esviaje. En las vigas exteriores se requiere una separación del refuerzo mayor que en las vigas interiores dando por ello una menor relación  $A_s/S$ . Las vigas interiores requieren mayor refuerzo a cortante, por ende menor separación entre ellos y presentan un comportamiento discontinuo al variar el ángulo de esviaje.

### 3.2.2 Puente modelado Sin riostra.

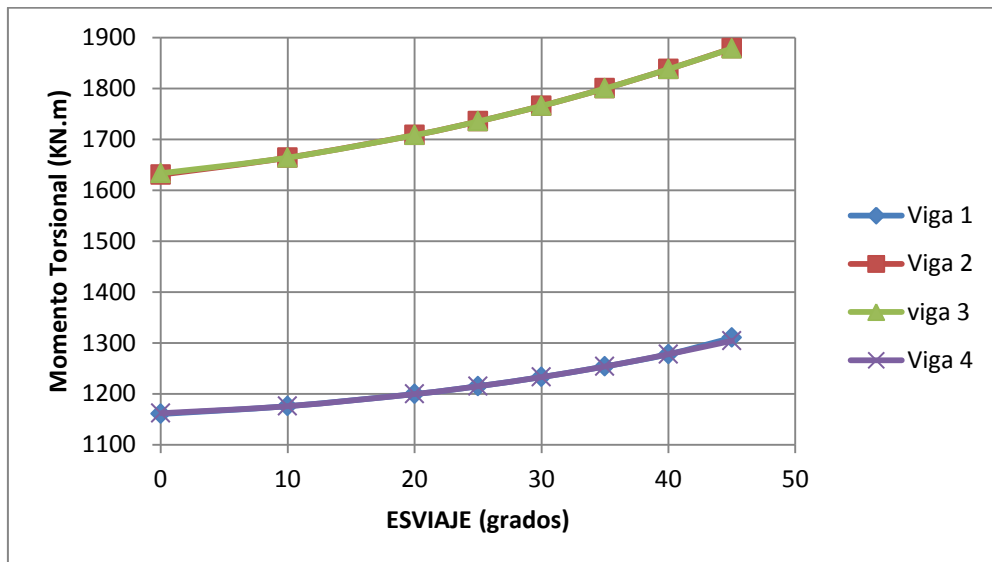
En las siguientes gráficas se hace una comparación de las fuerzas internas y las cantidades de aceros actuantes en las vigas. Las tablas correspondientes a los datos obtenidos para este modelo se encuentran en el anexo C (Tablas 25-32).

**Gráfica 28. Momento máximo en vigas – Caso B sin riostra.**



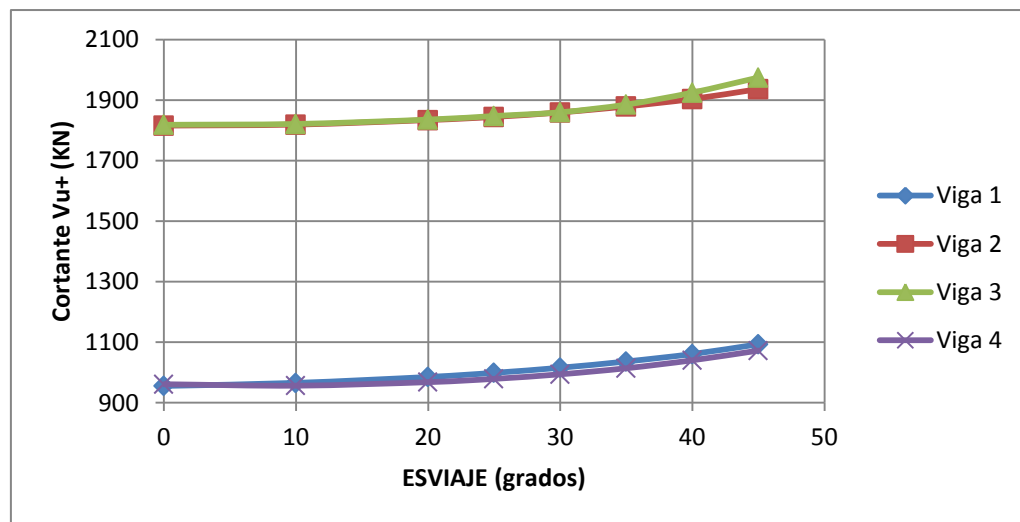
En esta grafica se pueden apreciar los momentos actuantes en las vigas debido al ángulo de esviaje cuando el puente no posee riostra. En los esviajes comprendidos entre 0°- 20° se mantiene una baja variación 2% , mientras que para esviajes mayores a 20° hay un aumento considerable en los momentos con un porcentaje de variación del 10.5%. Esto se da tanto en las vigas interiores como en las exteriores siendo menores los momentos producidos en las vigas exteriores.

**Gráfica 29. Momento torsional máximo en vigas – Caso B sin riostra.**



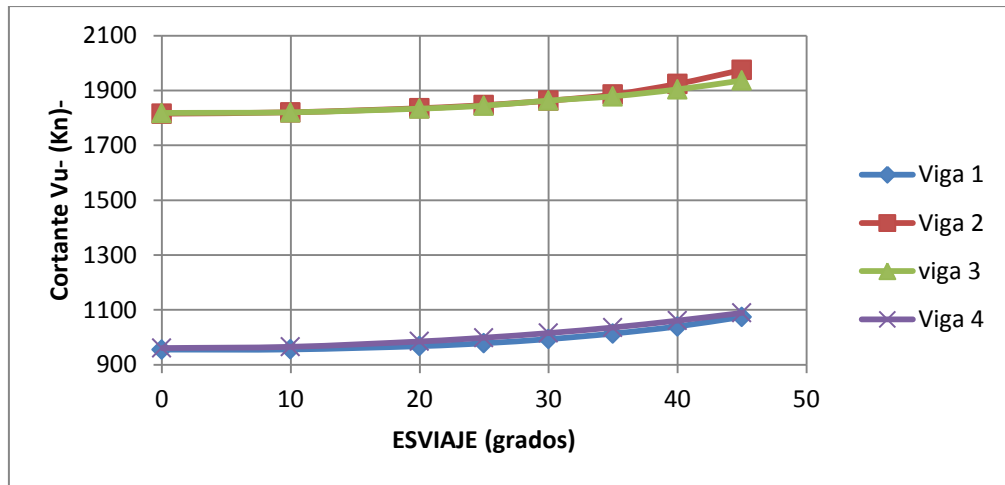
En esta grafica se observa los momentos tortores de las vigas respecto al esviaje. El momento torsional en todas las vigas tienden a aumentar cuando el esviaje es mayor. Para las vigas interiores se presentan valores de torsión más grandes y una variación de ellos del 13%, en cambio en las vigas exteriores los momentos torsores tienen una variación del 11%, comparando las cuatro vigas se puede decir que las vigas interiores son más susceptible a la torsión.

**Gráfica 30. Cortante máximo positivo en vigas – Caso B sin riostra.**



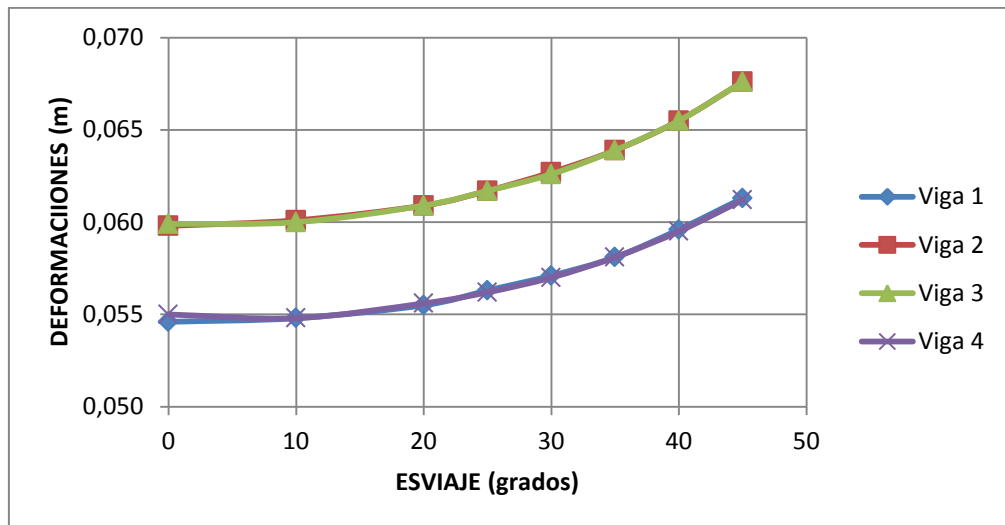
En esta grafica se muestra los cortantes positivos de las vigas cuando cambia el esviaje. Para las vigas interiores se presenta un comportamiento constante cuando los esviajes están entre 0° y 20° cuando dichos esviajes son mayores de 20° aumentan significativamente con una variación alrededor del 6.17%. Para las vigas exteriores se presenta el mismo comportamientos cuando los esviajes están entre el 0° y 20°, cuando son mayores de 20° es más crítica la variación de los cortantes ya que están alrededor del 10%.

**Gráfica 31. Cortante máximo negativo en vigas – Caso B sin riostra.**



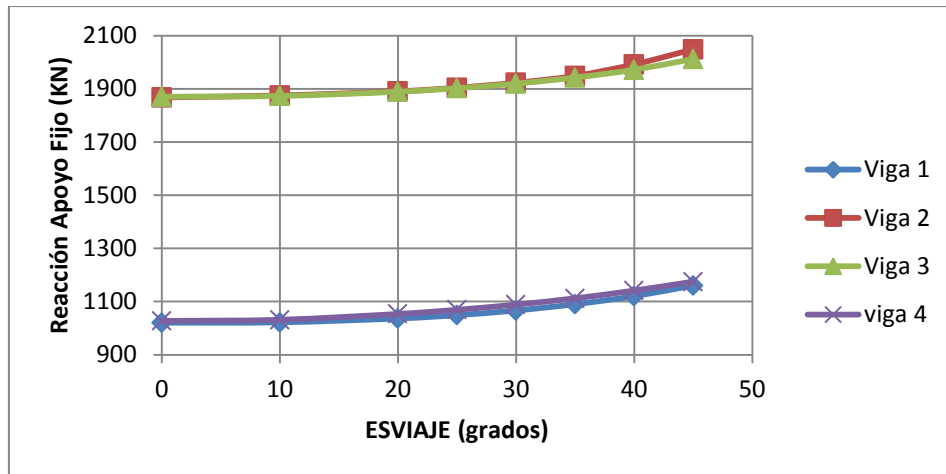
En esta grafica se puede apreciar los cortantes máximos negativos de las vigas respecto al esviaje cuando el puente no posee riostra. El comportamiento es similar al de los cortantes positivos máximos, descrito en la grafica anterior.

**Gráfica 32. Deformaciones en vigas – Caso B sin riostra.**



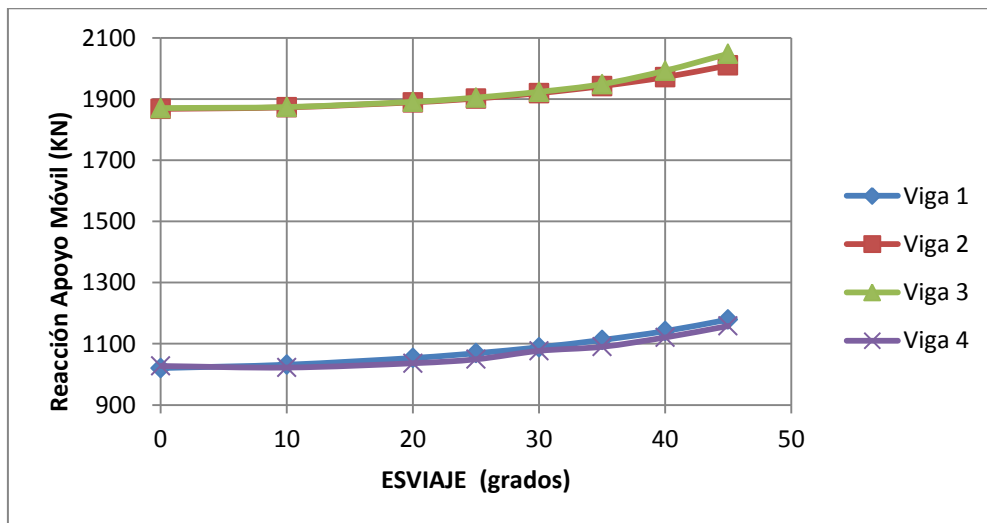
En esta grafica se observan las deformaciones producidas por el puente sin riostra cuando cambia el esviaje. Las deformaciones en las vigas interiores son mayores que en las exteriores, pero su comportamiento es similar ya que presentan una variación del 10% cuando el esviajes está entre 20° y 45° y casi no hay variación entre las deformaciones cuando el esviaje es menor de 10°.

**Gráfica 33. Reacción apoyo fijo en vigas – Caso B sin riostra.**



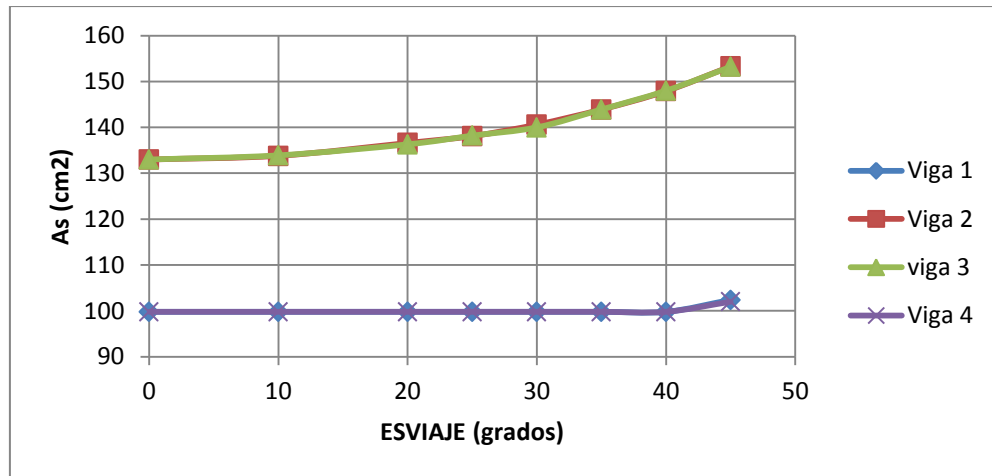
En esta grafica se aprecia la tendencia de las reacciones de los apoyos fijos de cada viga, estas aumentan después de los 20° de esviajes siendo las vigas interiores las que tienen mayores valores con una variación de 6.91%. Las vigas exteriores aunque tienen reacciones menores la variación que presentan es mayor con 10.52%.

**Gráfica 34. Reacción apoyo móvil en vigas – Caso B sin riostra.**



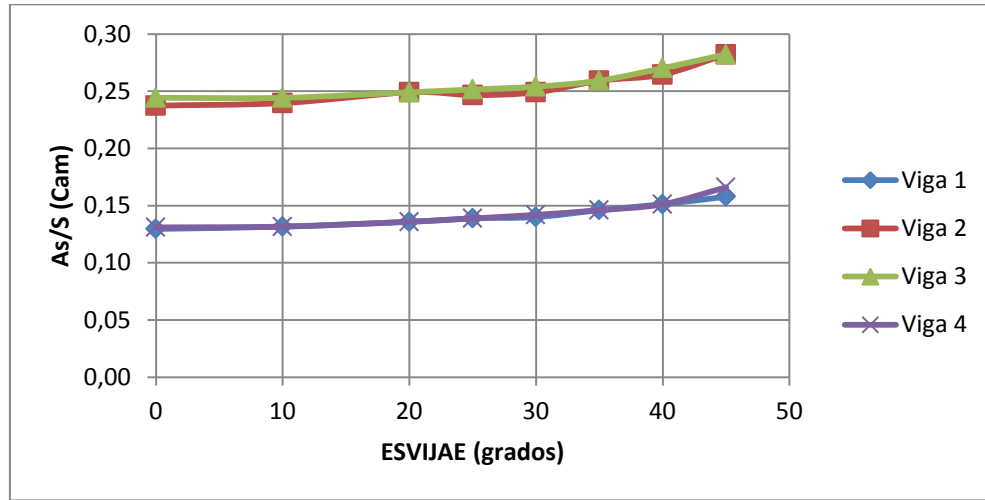
En esta grafica se puede apreciar las reacciones por apoyo móvil de las vigas respecto al esviaje cuando el puente no posee riostra. El comportamiento es similar al de las reacciones por apoyo fijo, descrito en la grafica anterior.

**Gráfica 35. Refuerzo longitudinal en vigas – Caso B con riostra.**



En esta grafica se muestran las cantidades aceros que se requieren a flexión cuando cambia el esviaje. Las vigas interiores requieren más refuerzo ya que son las que presentan mayores momentos como se muestra en al grafica. El comportamiento de las vigas Exteriores es constante cuando el ángulo está entre 0°- 40° después de 40° se requiere más refuerzo longitudinal. El comportamiento para las vigas interiores es muy diferente al de las exteriores, pues de 0° a 10° presenta una sollicitación de refuerzo igual pero, cuando el esviaje es mayor del 10° las sollicitaciones van aumentando significativamente con una variación del 11%.

**Gráfica 36. Relación entre la separación y el refuerzo a cortante en vigas  
Caso B con riostra.**



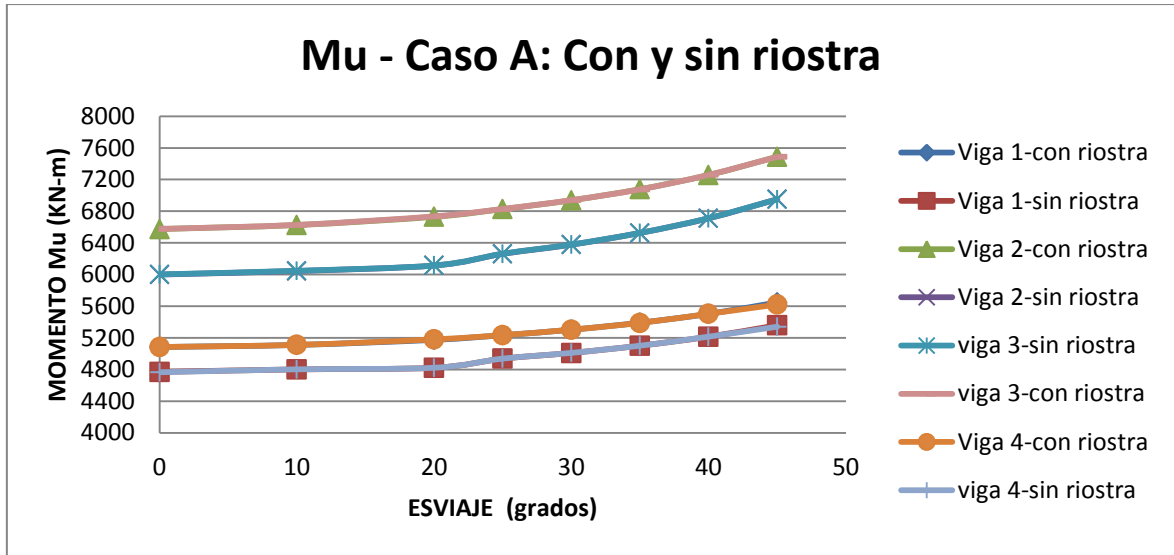
La relación del refuerzo a cortante con su separación presenta un aumento a medida que se va incrementando el esviaje. En las vigas exteriores se requiere una separación del refuerzo mayor que en las vigas interiores dando por ello una menor relación  $As/S$ . Las vigas interiores requieren mayor refuerzo a cortante, por ende menor separación entre ellos y presentan un comportamiento discontinuo al variar el ángulo de esviaje.

### **3.3 COMPARACION PUENTE CON Y SIN RIOSTRA**

#### **3.3.1 Caso A**

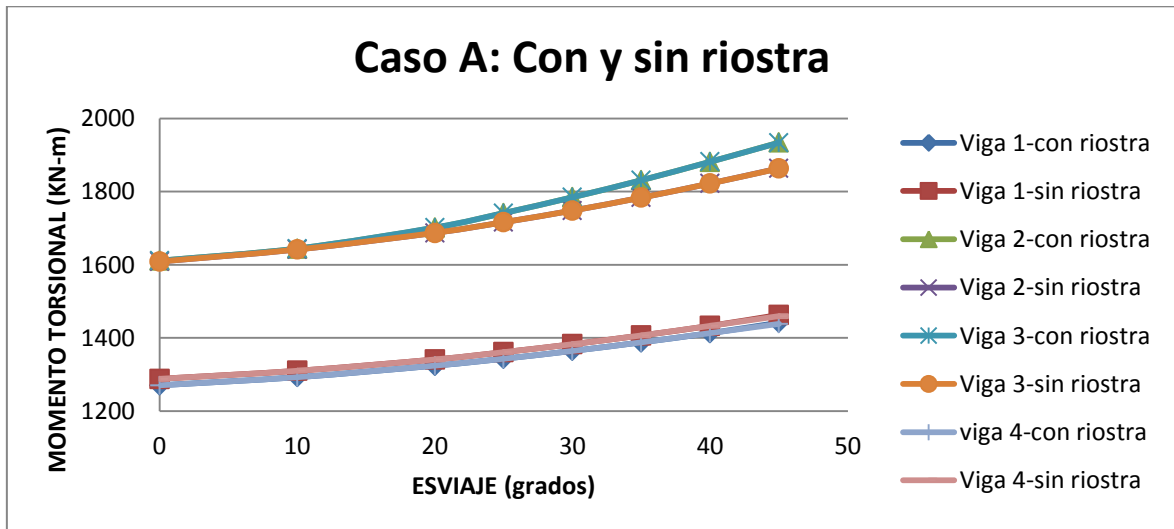
En las siguientes gráficas se hace una comparación de las fuerzas internas y las cantidades de aceros actuantes en las vigas cuando el puente tiene riostra central para el caso A. Las tablas correspondientes a los datos obtenidos para este modelo se encuentran en el anexo C (Tablas 33 - 41).

**Gráfica 37. Momento Máximo en vigas con y sin riostra – Caso A.**



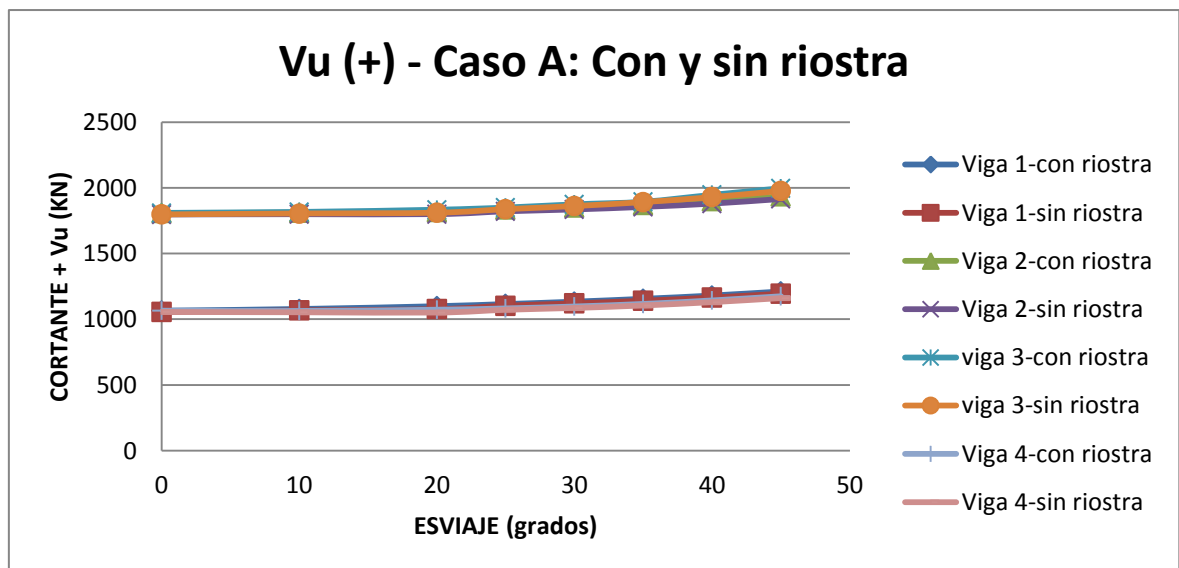
Esta gráfica muestra que los momentos tienden a aumentar a medida que se incrementa el esviaje así el puente tenga o no riostra en el centro de su luz. Las vigas exteriores tienen menores momentos que las vigas interiores para ambos casos. En todas las vigas se presentan menores momentos cuando el puente se encuentra sin riostra.

**Gráfica 38. Momento torsional en vigas con y sin riostra – Caso A.**



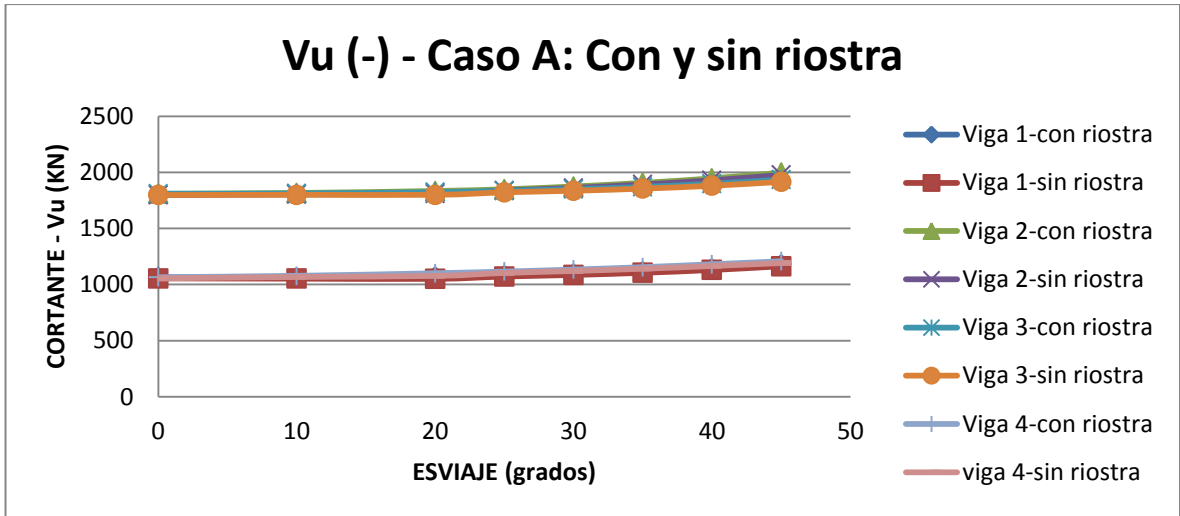
El momento torsional presente en las vigas se incrementa con el aumento del ángulo de esviaje, siendo mayor para las vigas interiores. Las vigas exteriores poseen los menores momentos torsores y presentan una similaridad en su comportamiento cuando el puente tiene riostra y cuando carece de esta. En las vigas interiores los mayores momentos torsores se dan cuando el puente tiene riostra.

**Gráfica 39. Cortantes positivos máximos en vigas con y sin riostra – Caso A.**



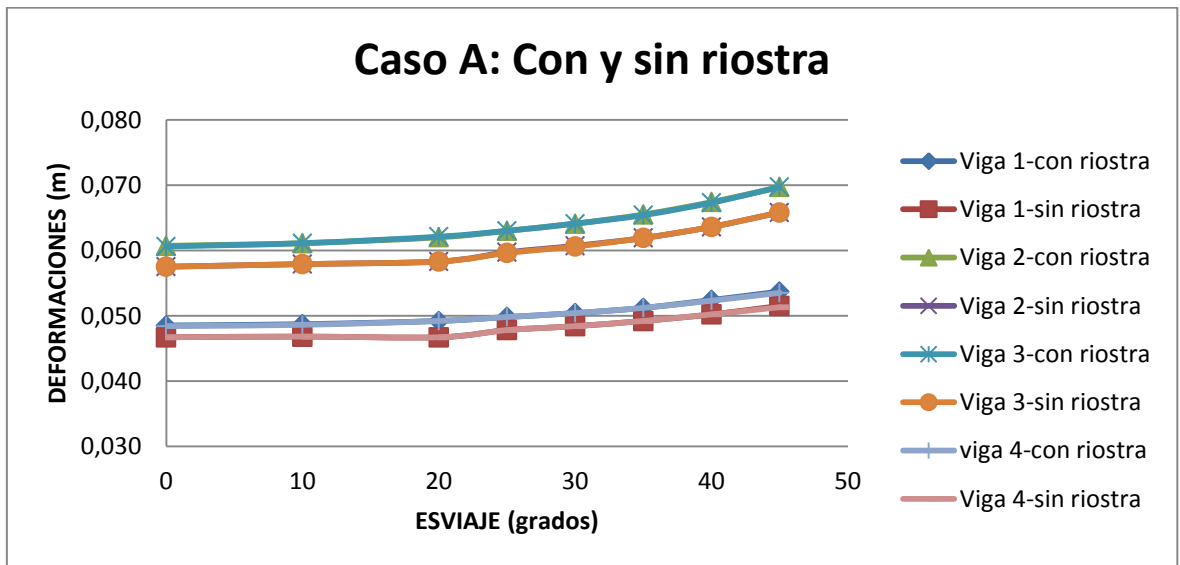
En esta gráfica se aprecia la variación de los esfuerzos cortantes positivos máximos de las vigas en el puente con y sin riostra. Las vigas interiores (con y sin riostra) tienen mayor sollicitación a cortante que las exteriores. En todos los casos los cortantes tienden a crecer al aumentar el esviaje y tanto las vigas exteriores como las interiores tienen un comportamiento análogo.

**Gráfica 40. Cortantes negativos máximos en vigas con y sin riostra – Caso A.**



Los cortantes negativos presente igual comportamiento que los cortantes positivos descritos en la gráfica anterior.

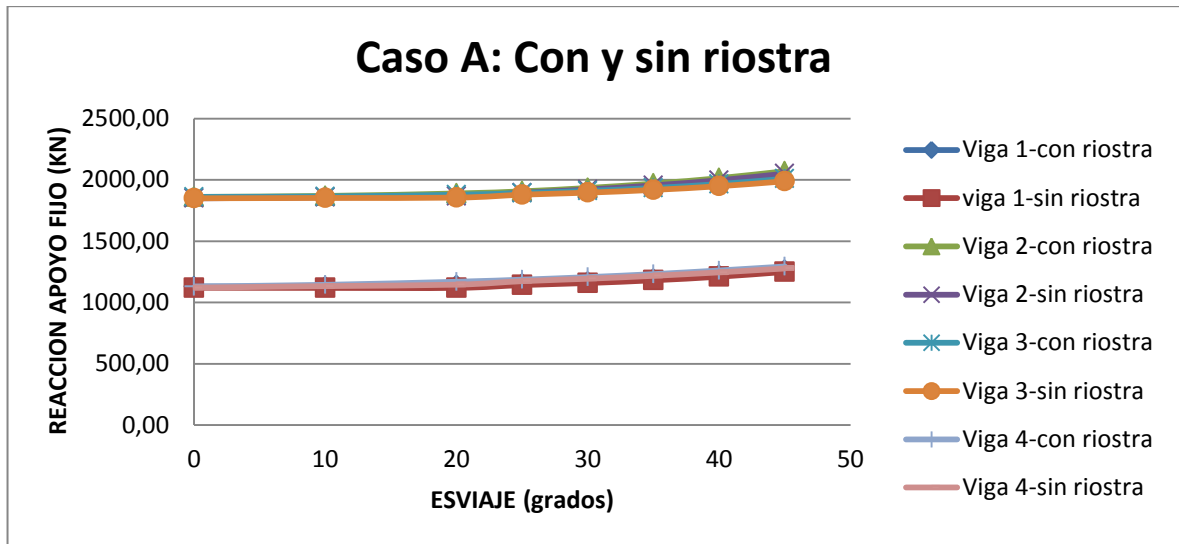
**Gráfica 41. Deformaciones máximas en vigas con y sin riostra – Caso A.**



Esta gráfica muestra que las deformaciones producidas en las vigas son proporcionales al ángulo de esviaje para el puente con riostra y sin ella. Las mayores deformaciones se presentan las vigas interiores, siendo más grandes en

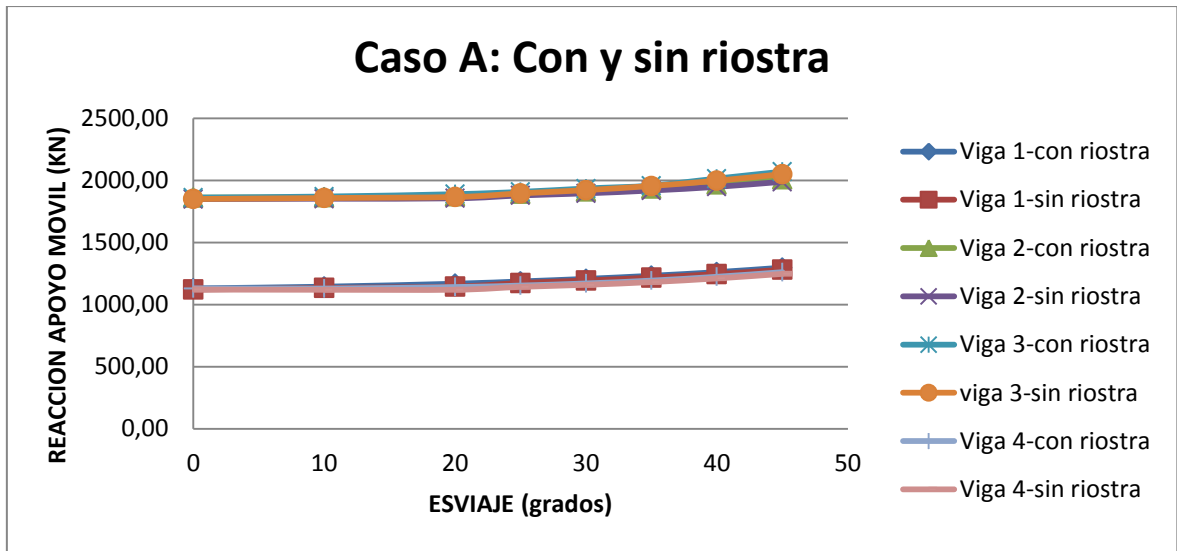
las vigas con riostra. Las vigas exteriores presentan menores deformaciones, pero igualmente las que poseen riostra tienen más deformación que las que no tienen.

**Gráfica 42. Reacción apoyo fijo en vigas con y sin riostra – Caso A.**



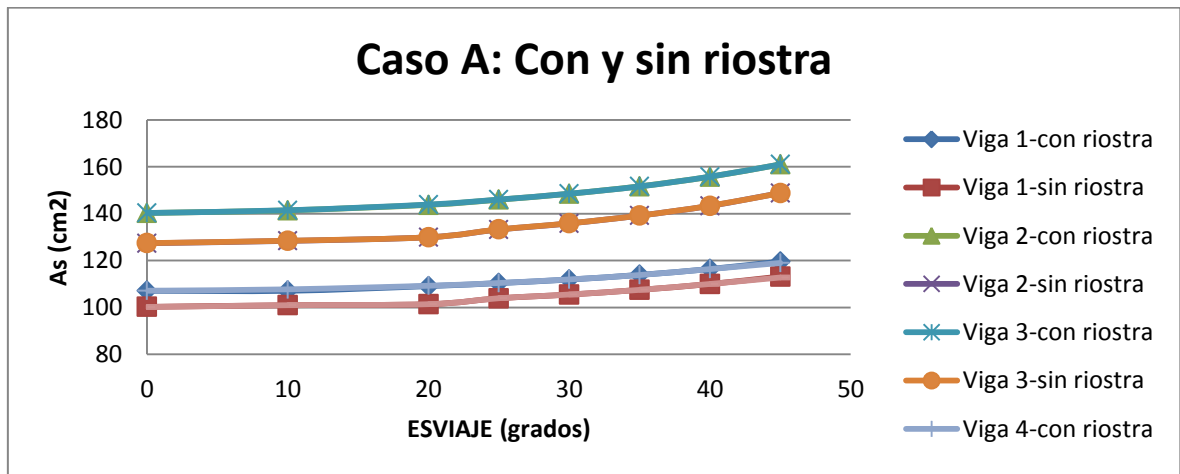
Esta gráfica contiene las reacciones del apoyo fijo para todas las vigas, estas muestran un comportamiento creciente a medida que aumenta el ángulo de esviaje. Las vigas exteriores presentan reacciones más bajas que las vigas interiores. Aunque el puente tenga o no riostra el comportamiento de las vigas es similar.

**Gráfica 43. Reacción apoyo móvil en vigas con y sin riostra – Caso A.**



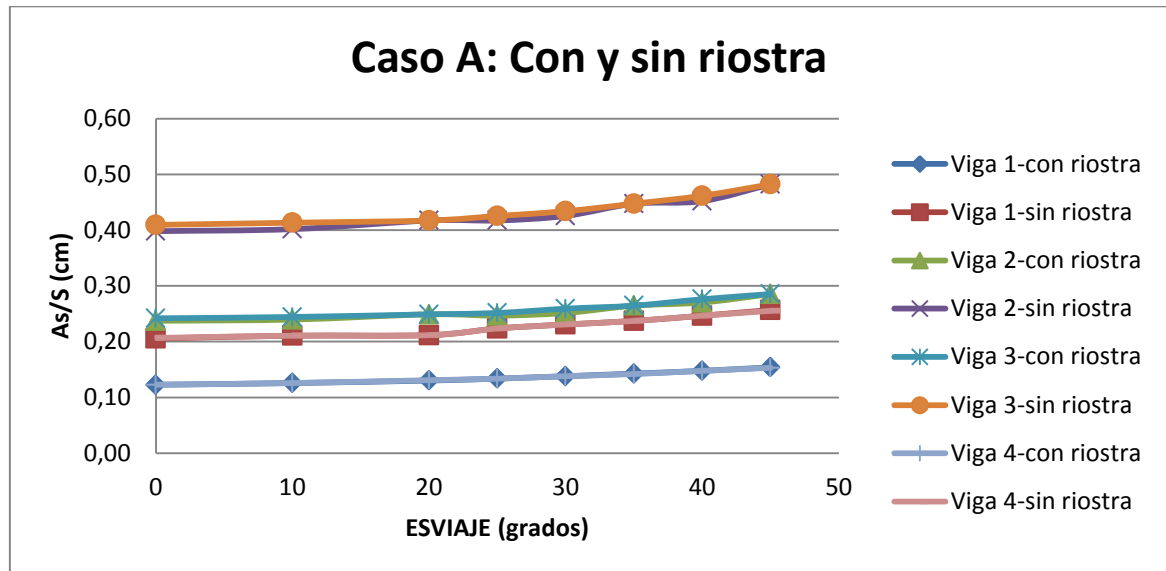
Las reacciones en el apoyo móvil tienen un comportamiento igual al de las reacciones del apoyo fijo.

**Gráfica 44. Acero longitudinal en vigas con y sin riostra – Caso A.**



El acero longitudinal requerido por las vigas en los diferentes ángulos de esviaje aumenta a medida que estos van creciendo, siendo mayor la sollicitación de acero para las vigas interiores y además para las vigas con riostra. Aunque en las vigas exteriores se requiere menos refuerzo que en las interiores, se cumple también que se necesita más acero cuando el puente posee riostra.

**Gráfica 45. Relación entre la separación y el refuerzo a Cortante en vigas con y sin riostra – Caso A.**



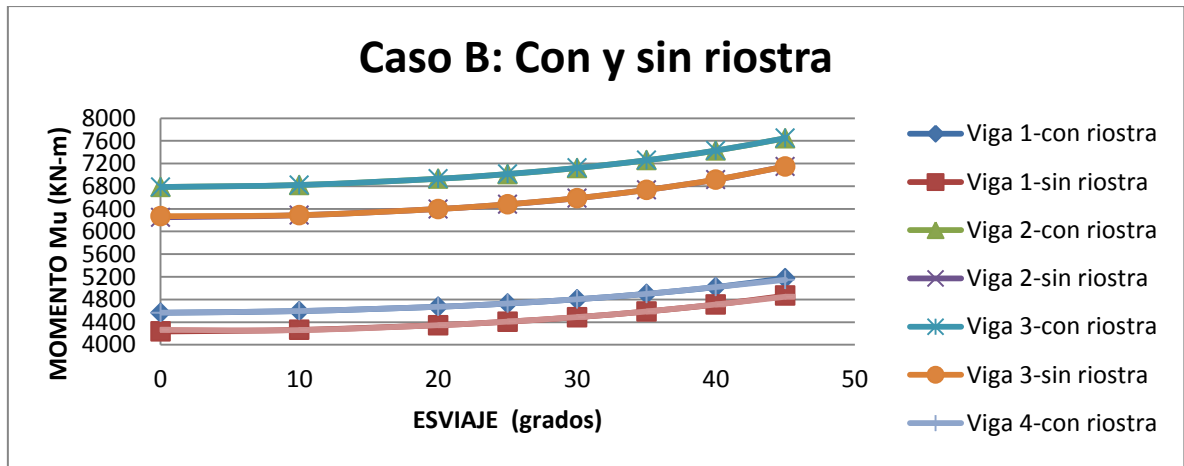
La relación de refuerzo a cortante con la separación es mayor para las vigas interiores, esto quiere decir que se requiere menor separación entre los estribos para las vigas 2 y 3 que para las vigas 1 y 4.

Las vigas exteriores no presentan gran variación en la relación  $As/S$  sin importar que el puente tenga o no riostra, pues en ambos casos el incremento es del 0.2% de  $0^\circ$  a  $45^\circ$  de esviaje. En las vigas interiores la variación es de 0.17% para la viga 2 (con y sin riostra) y de 0.15% para la viga 3.

### 3.3.2 Caso B

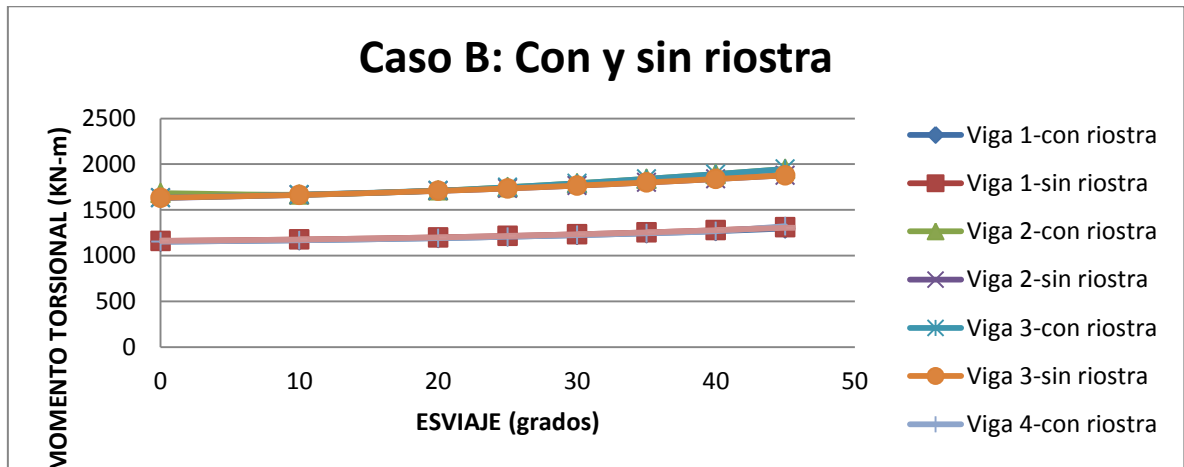
En las siguientes gráficas se hace una comparación de las fuerzas internas y las cantidades de aceros actuantes en las vigas cuando el puente tiene riostra central para el caso B. Las tablas correspondientes a los datos obtenidos para este modelo se encuentran en el anexo C (Tablas 42 - 50).

**Gráfica 46. Momento Máximo en vigas con y sin riostra – Caso B.**



La tendencia de los momentos es aumentar a medida que se incrementa el ángulo de esviaje así el puente tenga o no riostra central. Las vigas exteriores al tener menor ancho tienen menores momentos que las vigas interiores tanto con riostra como sin ella. En todas las vigas se presentan menores momentos cuando el puente se encuentra sin riostra.

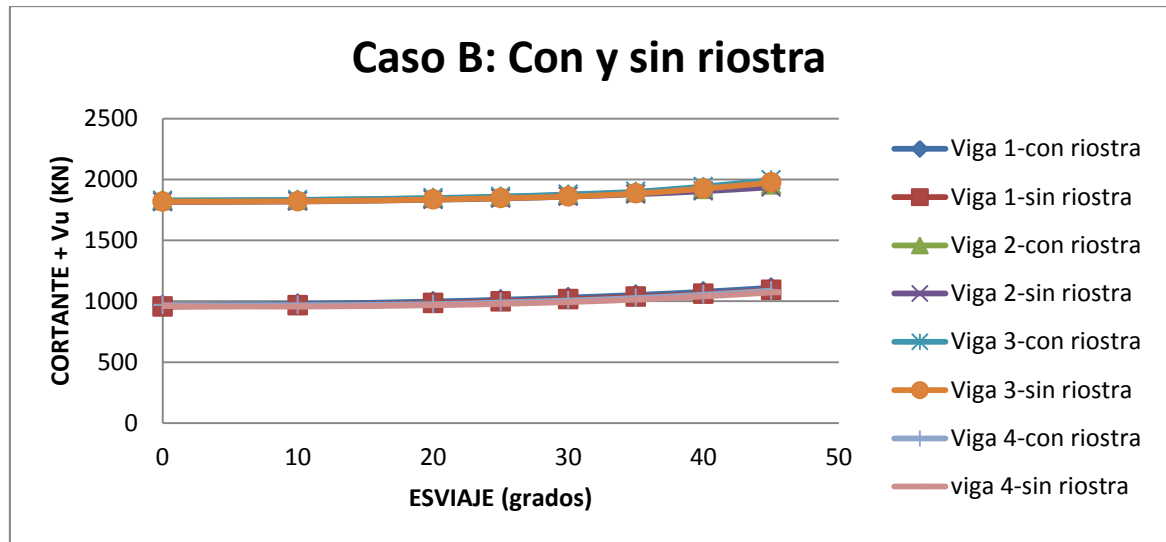
**Gráfica 47. Momento torsional en vigas con y sin riostra – Caso B.**



En esta gráfica se observan los momentos torsionales presentes en las vigas, estos se incrementa con el aumento del ángulo de esviaje. Las vigas exteriores tienen menores momentos torsores en comparación con las vigas interiores. En

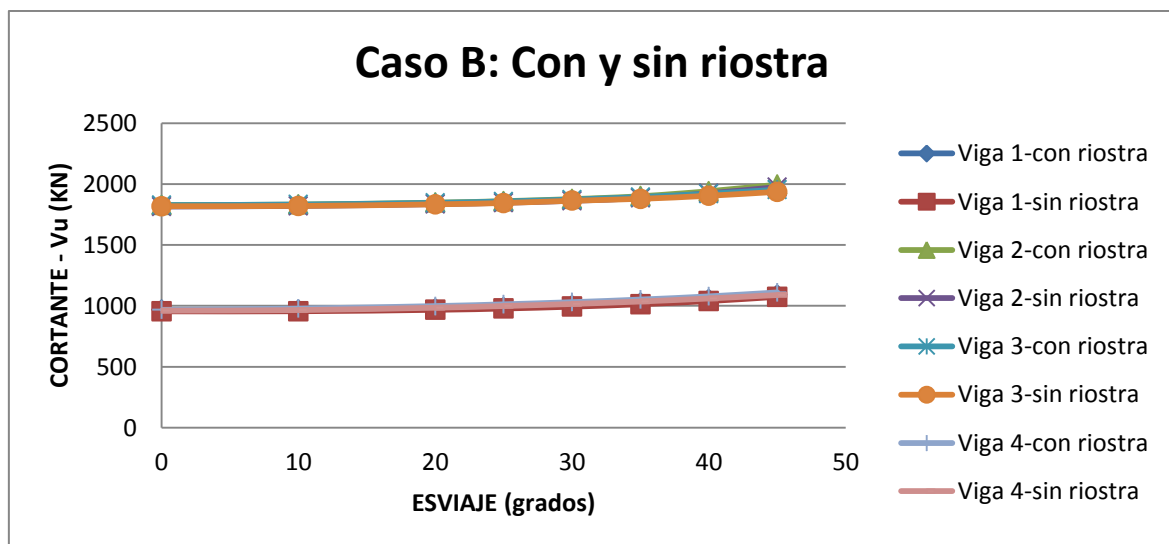
todas las vigas se presenta una similaridad en su comportamiento cuando el puente tiene riostra y cuando carece de ella.

**Gráfica 48. Cortantes positivos máximos en vigas con y sin riostra – Caso B.**



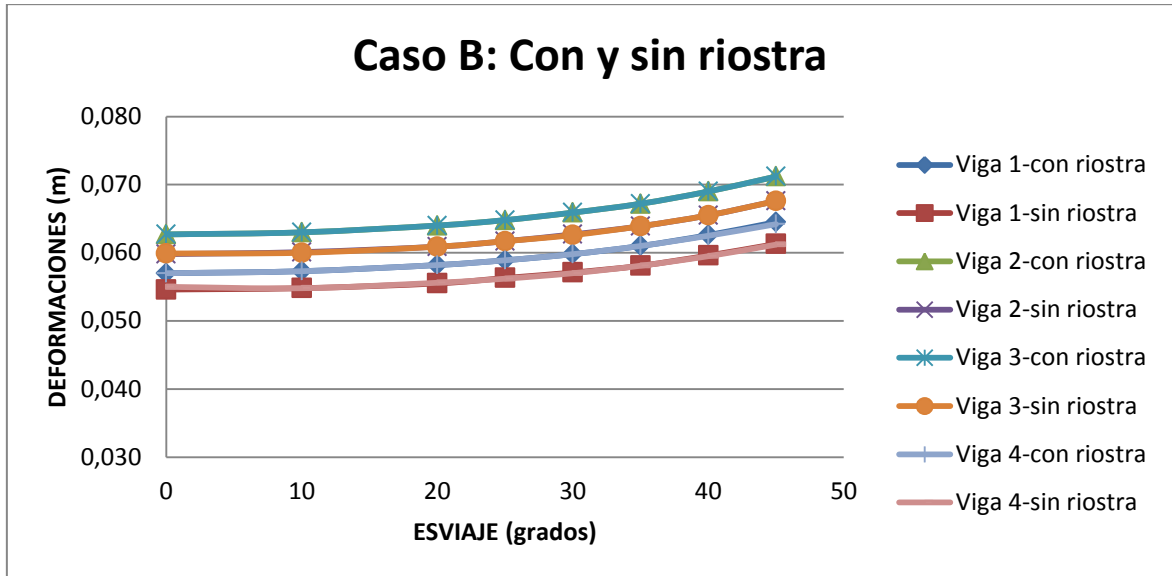
Los cortantes positivos tienen poca variación al aumentar el esviaje en el puente sin importar si se tiene riostra o no. Se puede observar una similitud de las vigas interiores con y sin riostra al igual que en las vigas exteriores.

**Gráfica 49. Cortantes negativos máximos en vigas con y sin riostra – Caso B.**



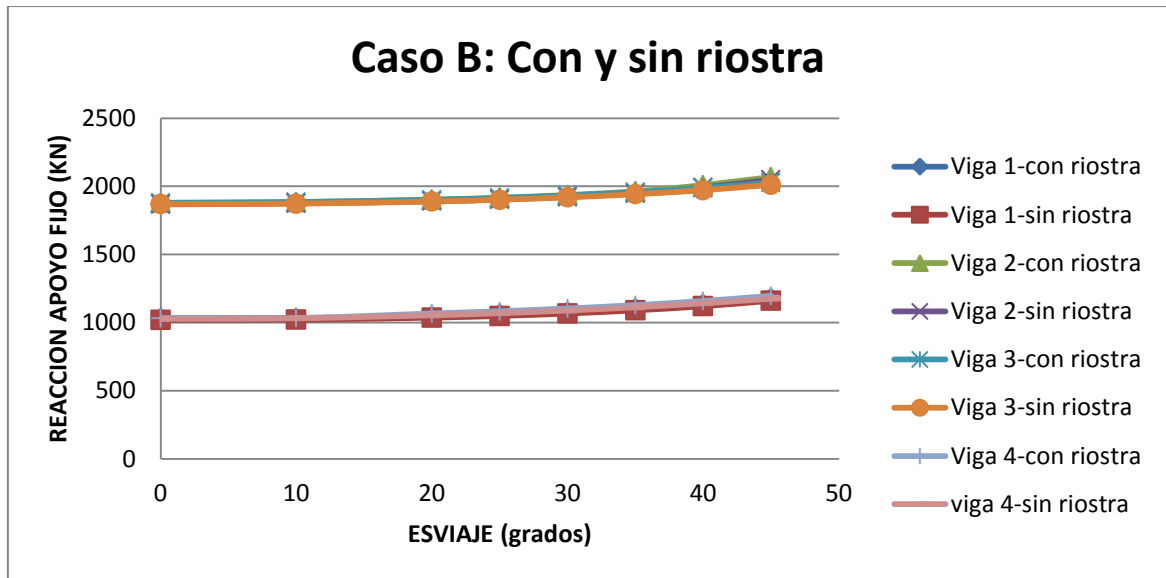
Los cortantes negativos presente igual comportamiento que los cortantes positivos descritos en la gráfica anterior.

**Gráfica 50. Deformaciones máximas en vigas con y sin riostra – Caso B.**



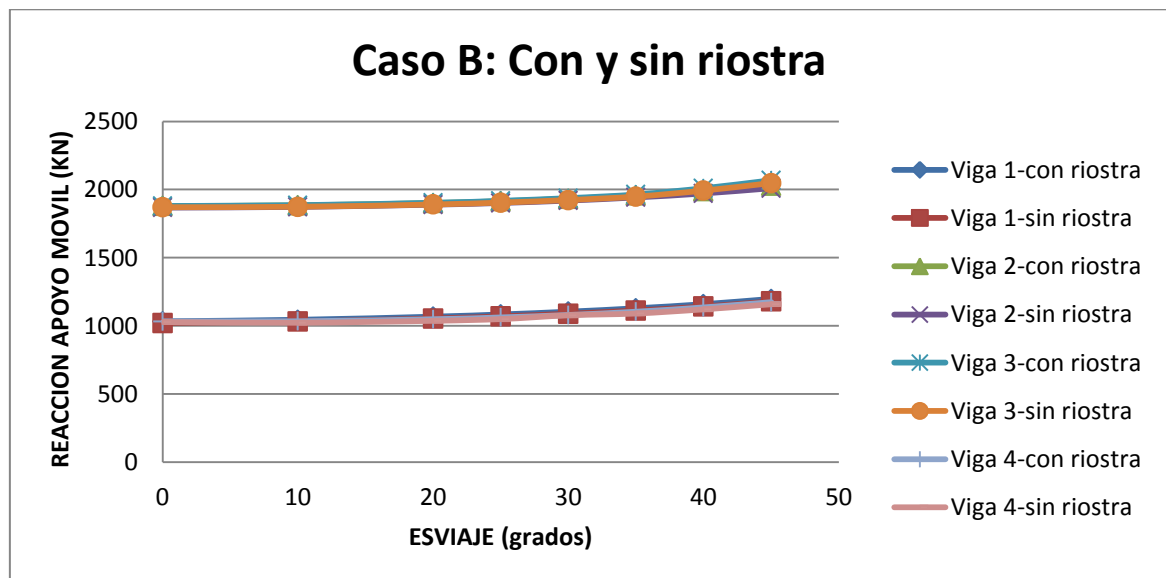
Esta gráfica nos muestra el comportamiento de las deformaciones cuando se varía el esviaje en la estructura. Las vigas 1 y 4 con y sin riostra presentan una exactitud en sus deformaciones al igual que las vigas 2 y 3. Las deformaciones menores se dan cuando el puente no tiene riostra.

**Gráfica 51. Reacción apoyo fijo en vigas con y sin riostra – Caso B.**



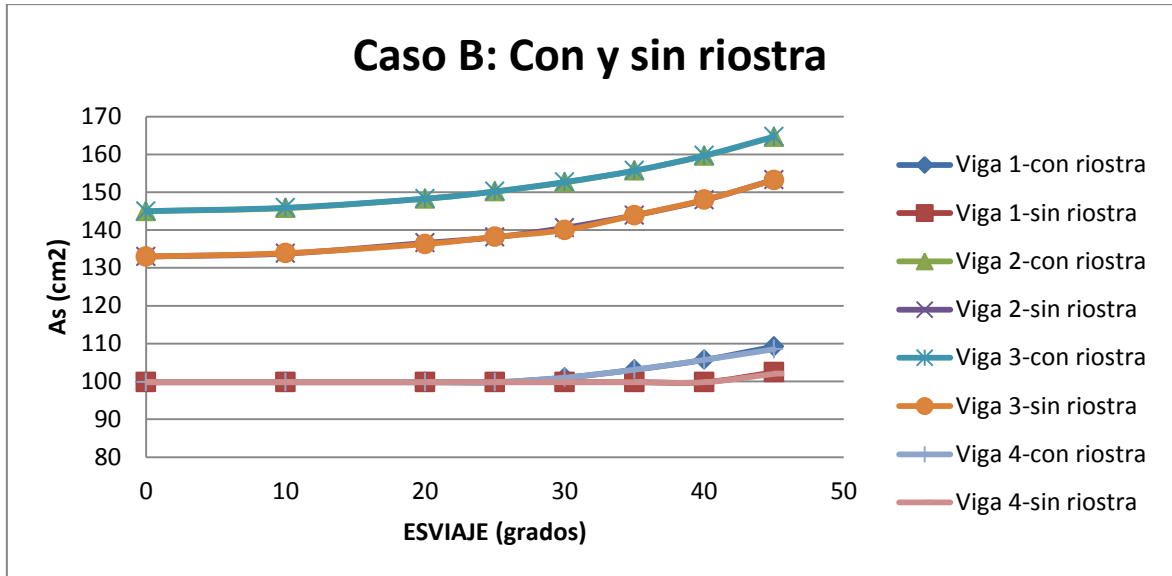
Esta gráfica contiene las reacciones del apoyo fijo para todas las vigas, estas muestran un comportamiento creciente a medida que aumenta el ángulo de esviaje. Las vigas exteriores presentan reacciones más bajas que las vigas interiores. Aunque el puente tenga o no riostra el comportamiento de las vigas es similar.

**Gráfica 52. Reacción apoyo móvil en vigas con y sin riostra – Caso B.**



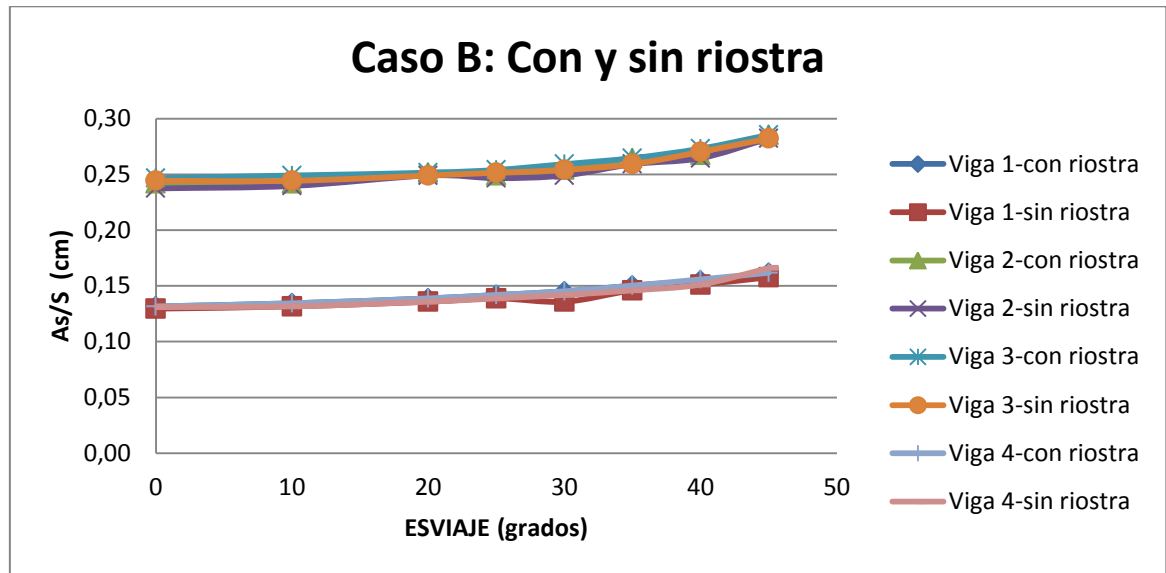
Las reacciones en el apoyo móvil tienen un comportamiento similar al de las reacciones del apoyo fijo.

**Gráfica 53. Acero longitudinal en vigas con y sin riostra – Caso B.**



El acero longitudinal requerido por las vigas para los diferentes ángulos de esviaje aumenta a medida que estos van creciendo, siendo mayor la sollicitación de acero para las vigas interiores que son las que tienen mayor sección y además para las vigas con riostra. En las vigas exteriores (con y sin riostra) no hay un cambio notorio en la cantidad de aceros hasta los 30°, de ahí en adelante las vigas con riostra requieren más acero, mientras que en las vigas que no se tiene riostra la cantidad de acero se mantiene constante hasta los 40° y luego aumenta.

**Gráfica 54. Relación entre la separación y el refuerzo a Cortante en vigas con y sin riostra – Caso B.**



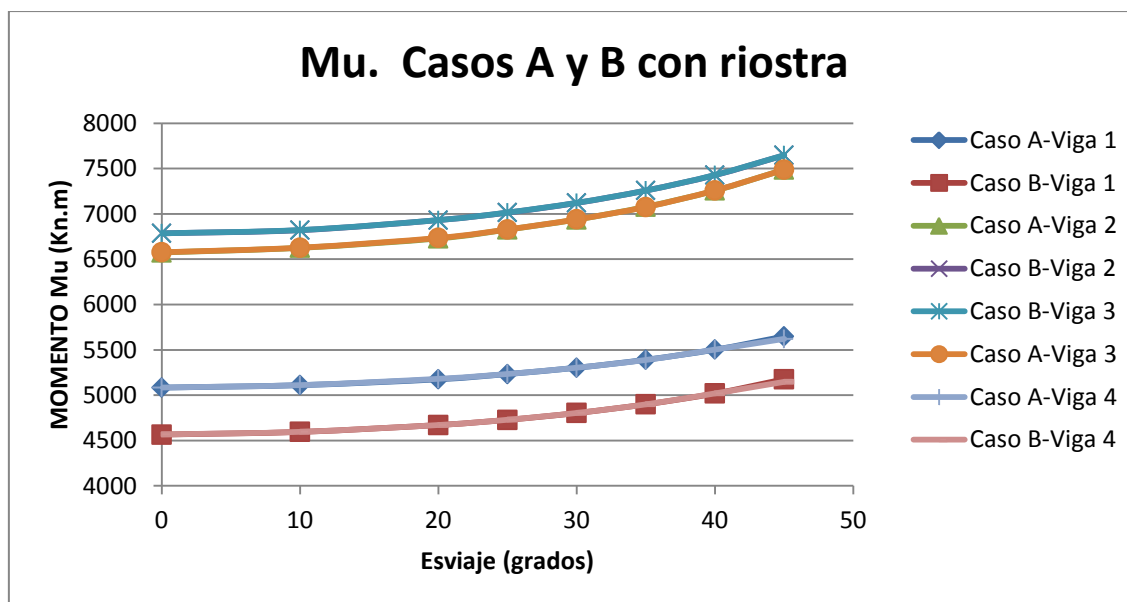
La relación de refuerzo a cortante con la separación es mayor para las vigas interiores, es decir, que se requiere más refuerzo a cortante en las vigas interiores que en las exteriores ya sea que se tenga o no riostra. En ambos casos la variación del  $A_s/S$  no presenta mayor variación en las vigas exteriores ni en las interiores.

### 3.3 COMPARACIÓN CASOS A y B.

#### 3.4.1 Casos A y B con riostra.

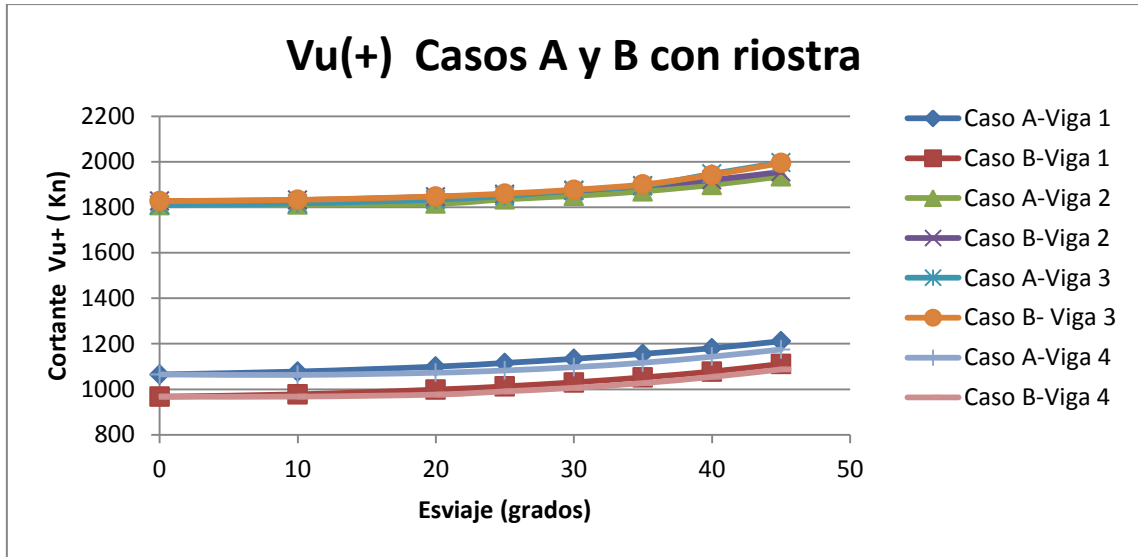
En las siguientes gráficas se hace una comparación de las fuerzas internas y las cantidades de aceros actuantes en las vigas en cada uno de los casos estudiados. Las tablas correspondientes a los datos obtenidos para este modelo se encuentran en el anexo C (Tablas 51 - 59).

**Gráfica 55. Momentos máximos - Casos A y B con riostra**



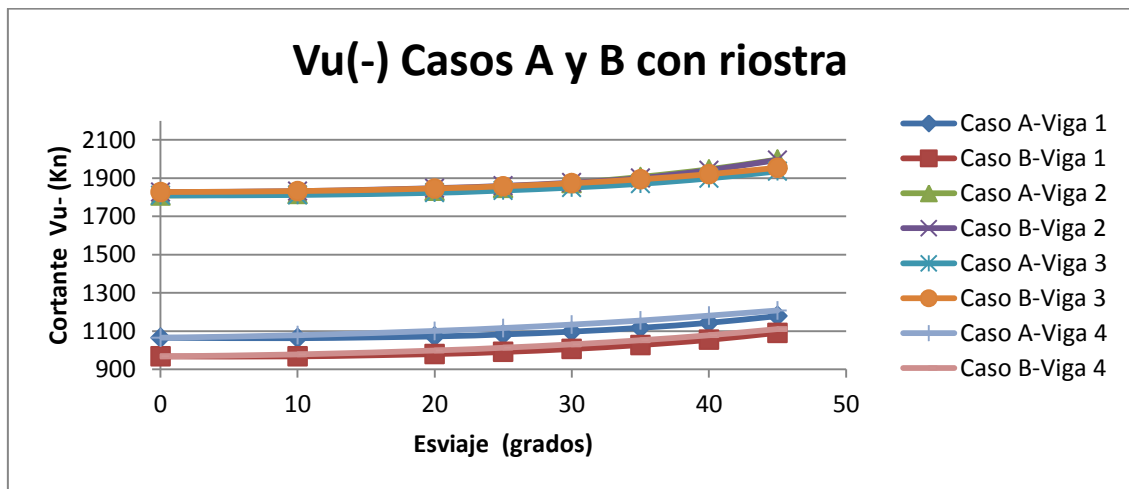
El comportamiento de los momentos en ambos casos presenta una tendencia a aumentar cuando crece el esviaje. Para las vigas exteriores del caso A se presentan mayores momentos que para las el caso B, en cambio para las vigas interiores ocurre lo opuesto ya que para el caso B son mayores los momentos que en el caso A. Como se nota en la graficas para ambos casos las vigas interiores son las que presentan los mayores valores de momentos.

**Gráfica 56. Cortante máximo positivo - Casos A y B con riostra**



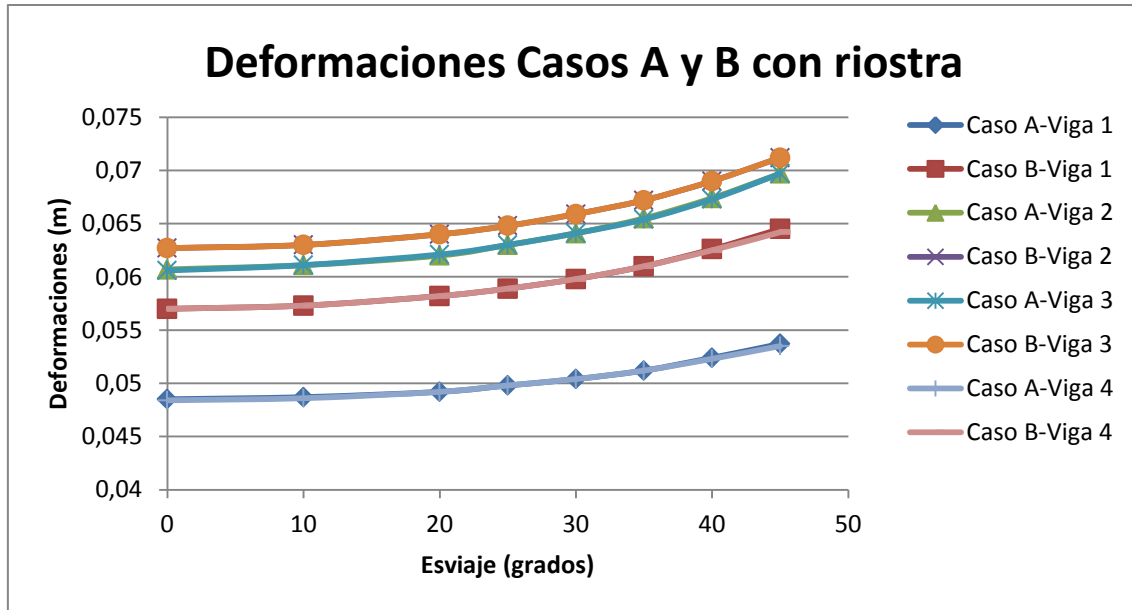
Los cortantes positivos para ambos casos tienden a crecer cuando el ángulo de esviaje aumenta. Para las vigas exteriores del caso A se presentan mayores cortantes que en las vigas exteriores del caso B. En las vigas interiores los cortantes positivos no varían mucho entre ambos caso presentando así valores y comportamientos análogos.

**Gráfica 57. Cortante máximo negativo - Casos A y B con riostra**



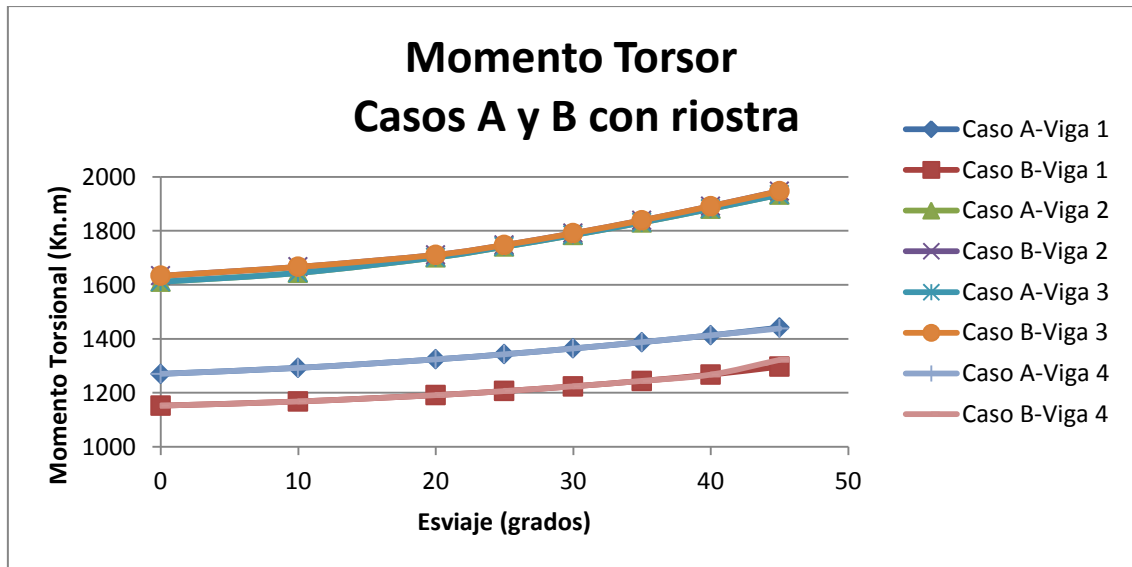
Los cortantes negativos presentan igual comportamiento que los cortantes positivos descrito en la grafica anterior.

**Gráfica 58. Deformaciones - Casos A y B con riostra**



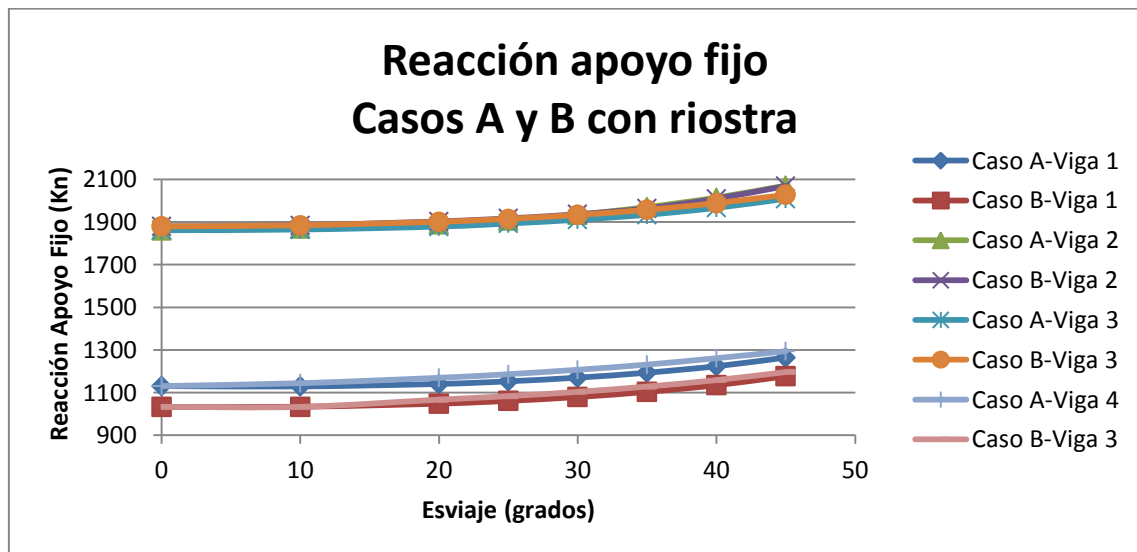
Las deformaciones para ambos casos aumentan cuando el ángulo de esviaje crece. Para todas las vigas las deformaciones son mayores en el caso B, aunque en las vigas exteriores es notable que las deformaciones del caso A son menores que las del caso B y para las vigas interiores no es tan significativa la diferencia de deformaciones entre ambos casos.

**Gráfica 59. Momento torsor máximo - Casos A y B con riostra**



Los momentos torsores aumentan cuando el esviaje crece para ambos casos. Las vigas exteriores presentan el mismo comportamiento pero para el caso A son mayores los valores, en cuanto las vigas interiores poseen similares comportamientos y valores en los momentos torsionales.

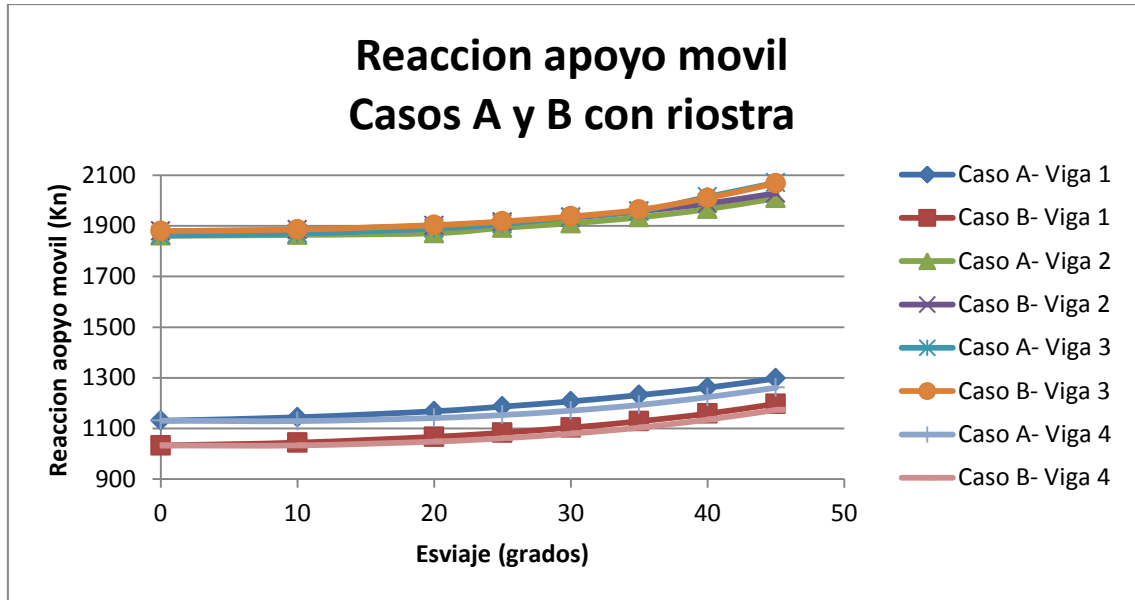
**Gráfica 60. Reacción apoyo fijo - Casos A y B con riostra**



Las reacciones del apoyo fijo aumentan en todas las vigas cuando el esviaje crece. En las vigas exteriores se presentan mayores valores en el caso A pero se

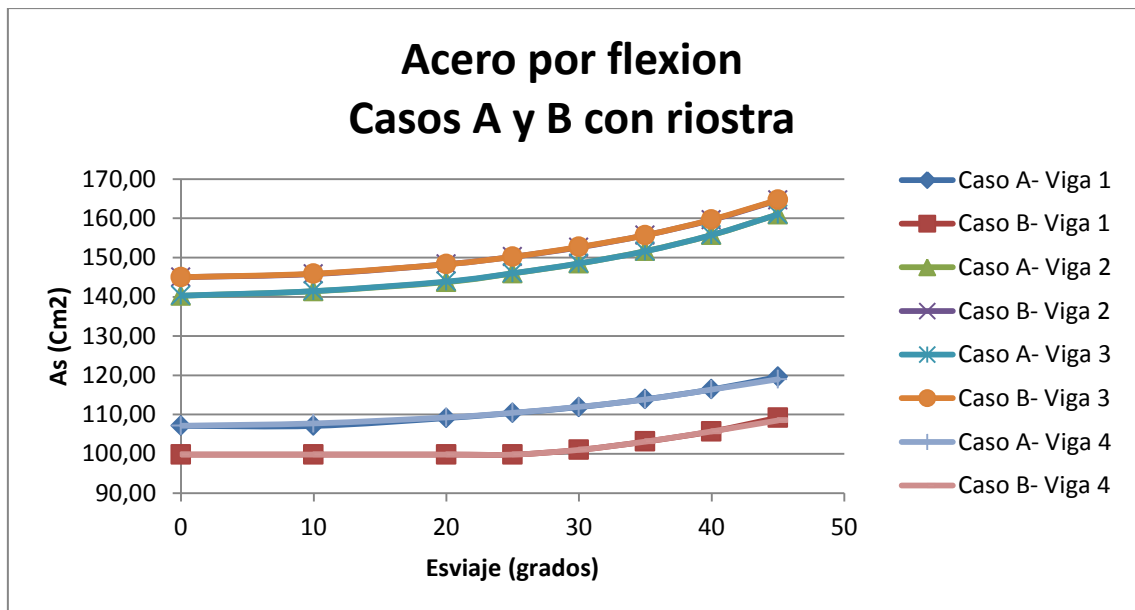
presenta el mismo comportamiento en ambos casos, en cambio para las vigas exteriores el comportamiento y los valores son similares.

**Gráfica 61. Reacción apoyo móvil - Casos A y B con riostra**



Las reacciones del apoyo móvil presenta el mismo comportamiento de las reacciones del apoyo fijo descrito en la gráfica anterior.

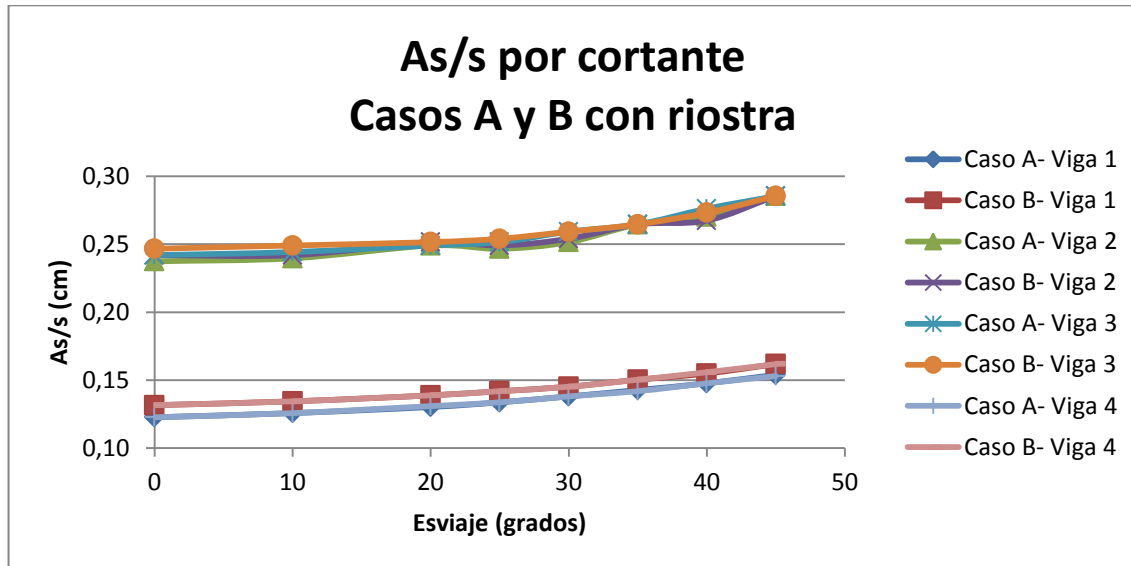
**Grafica 62. Acero por flexion - Casos A y B con riostra**



El refuerzo longitudinal para ambos casos crece cuando el esviaje aumenta. En las vigas exteriores del caso A se requiere más refuerzos que las del caso B, pero para las exteriores del caso A se requiere menos que las del caso B.

**Grafica 63. Relación acero por cortante y su separación**

**Casos A y B con riostra**

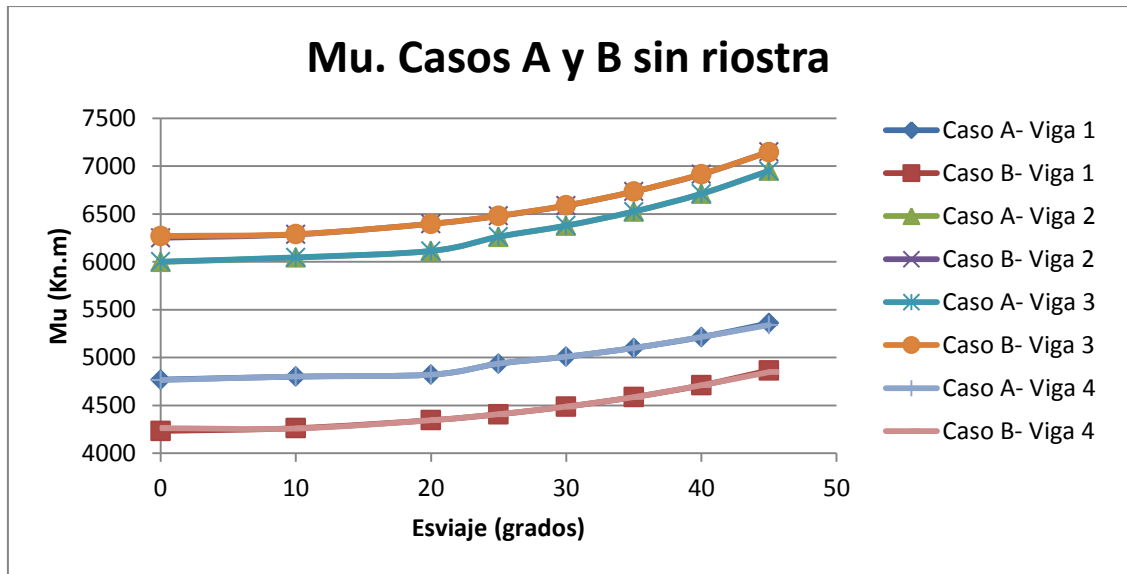


La relación  $A_s/S$  crece para ambos casos cuando el esviaje aumenta. Para las vigas exteriores del caso A es menor la relación en comparación con las vigas exteriores del caso B. En cuanto las vigas interiores el comportamiento que se muestra es variable, además de ello los valores de la relación  $A_s/S$  es mayor que el de las vigas interiores para ambos casos, lo cual indica que el refuerzo a cortante es mayor.

**3.4.2 Comparación Casos A y B sin riostra.**

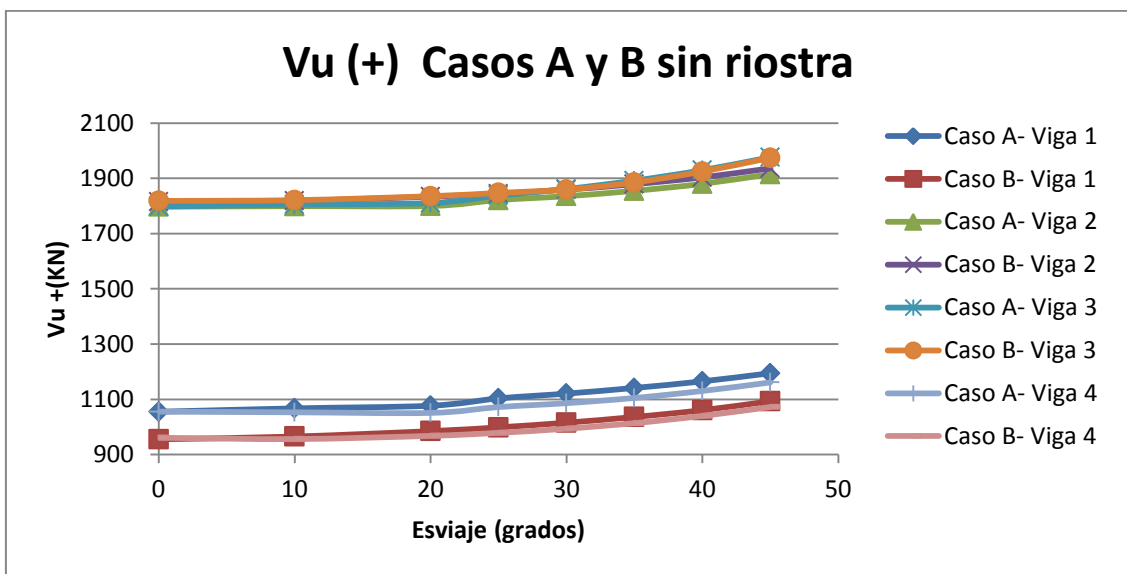
En las graficas mostradas a continuación se muestra una comparación de los casos A y B cuando el puente no tiene riostra. Las tablas correspondientes a los datos obtenidos para este modelo se encuentran en el anexo C (Tablas 60 - 68).

**Gráfica 64. Momentos Máximos - Casos A y B sin riostra**



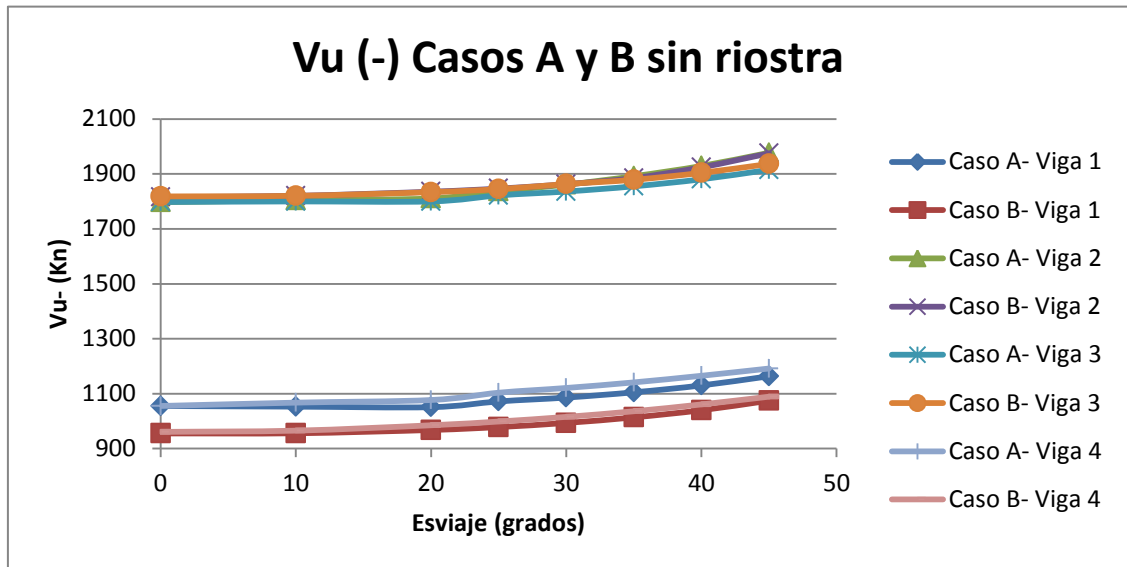
Los momentos producidos en el puente se aumentan cuando el esviaje va creciendo. El comportamiento en las vigas es igual para los dos casos. Las vigas interiores son las que presentan mayor sollicitación de momentos a flexión, siendo las interiores del caso B las que presentan mayores valores en comparación con las interiores del caso A y viceversa con las vigas exteriores.

**Gráfica 65. Cortante Máximo Positivo - Casos A y B sin riostra**



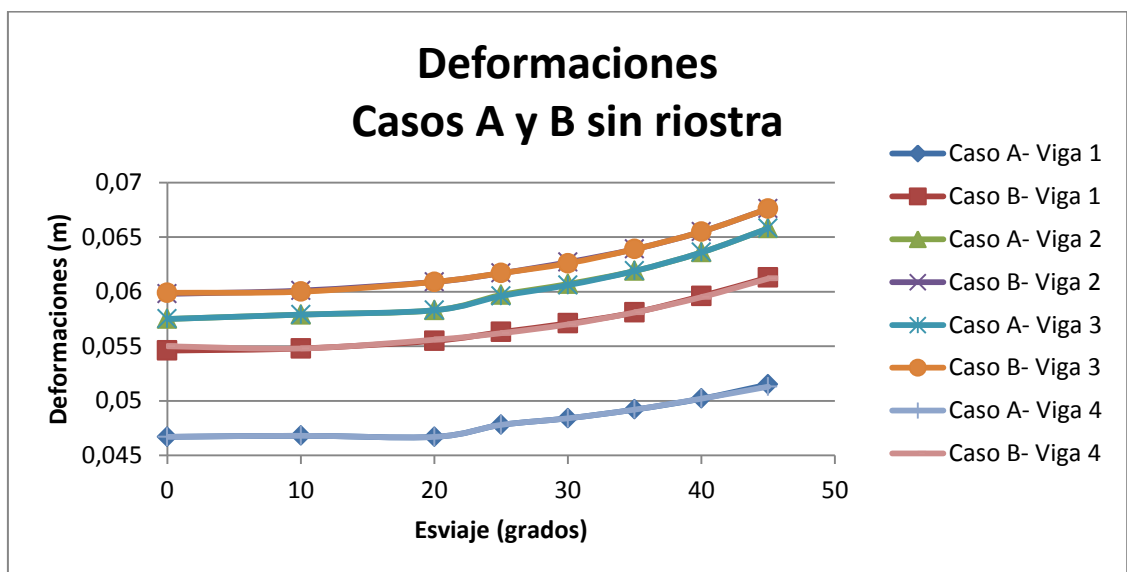
Los cortantes positivos en las vigas exteriores del caso A son mayores que las del caso B aunque presentan el mismo comportamiento. Las vigas interiores para ambos casos tienen un comportamiento igual y los valores no varían significativamente.

**Gráfica 66. Cortante Máximo Negativo - Casos A y B sin riostra**



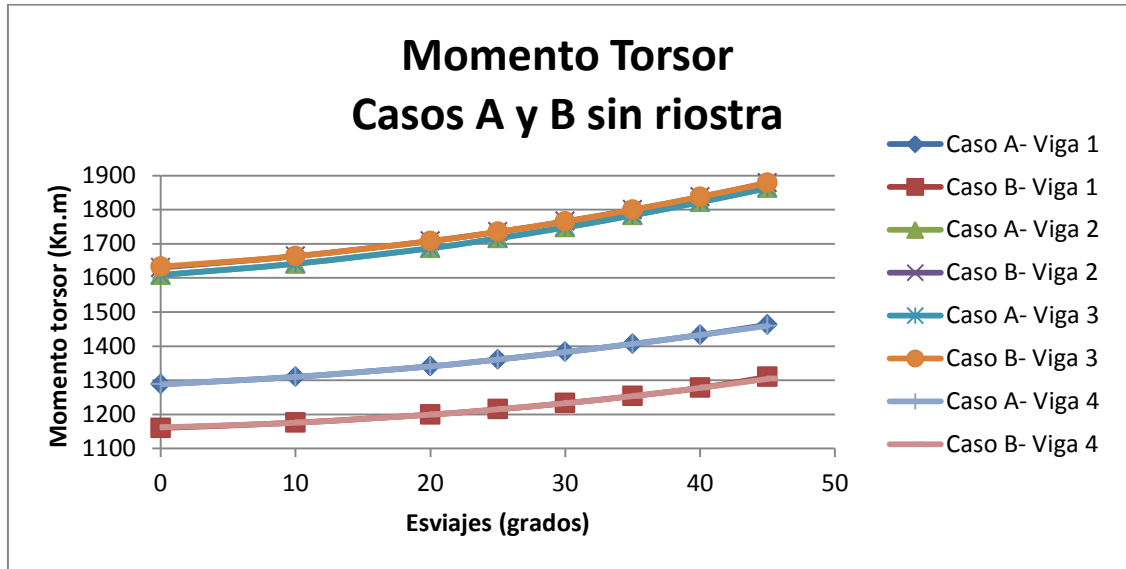
El cortante negativo muestra el mismo comportamiento que el cortante positivo descrito en la gráfica anterior.

**Gráfica 67. Deformaciones – Casos A y B sin riostra**



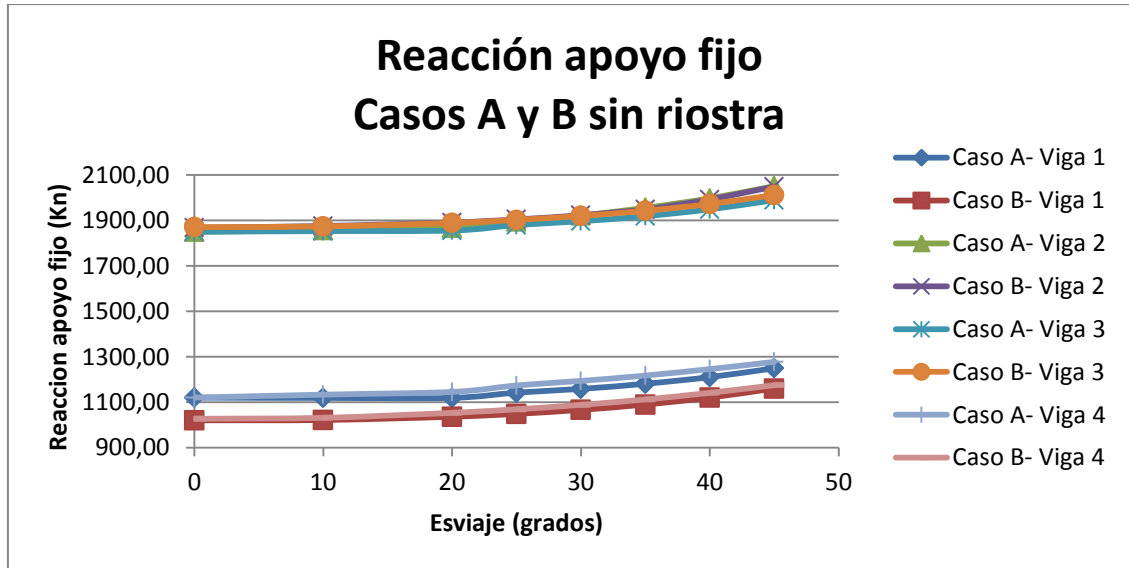
Las deformaciones para el caso B son mayores que las del caso A, comparando las vigas exteriores de cada caso se puede ver que la diferencia de los valores es significativamente grande, en cambio para las vigas interiores la diferencia es poca.

**Gráfica 68. Momento Torsor Máximo - Casos A y B sin riostra**



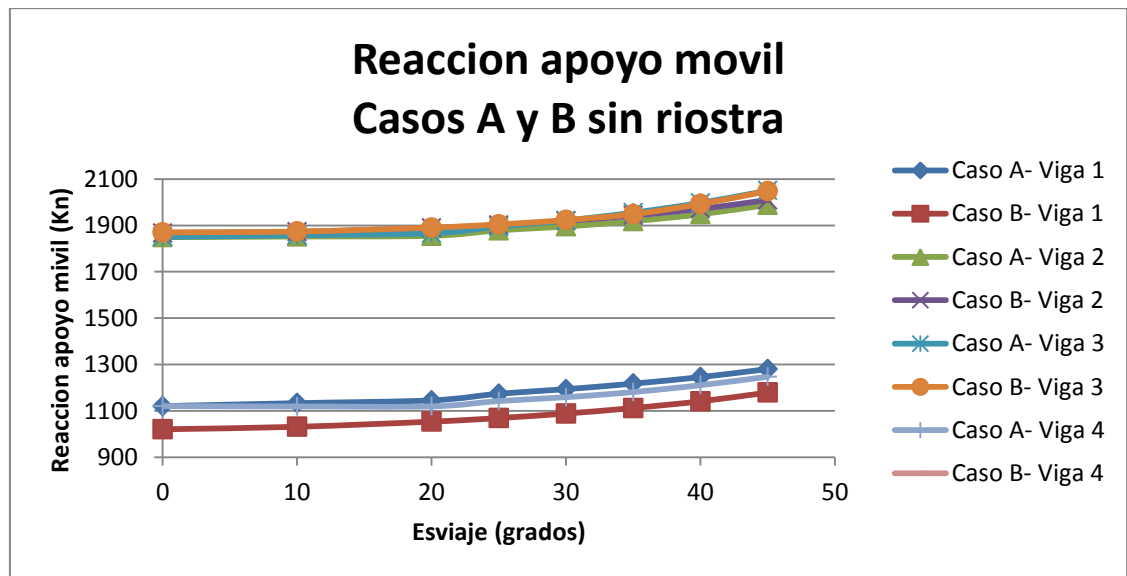
El momento torsor para las vigas exteriores es mayor en el caso A pero presenta igual comportamiento que la del caso B. En las vigas interiores se presentan valores y comportamientos similares.

**Gráfica 69. Reacción Apoyo Fijo - Casos A y B sin riostra**



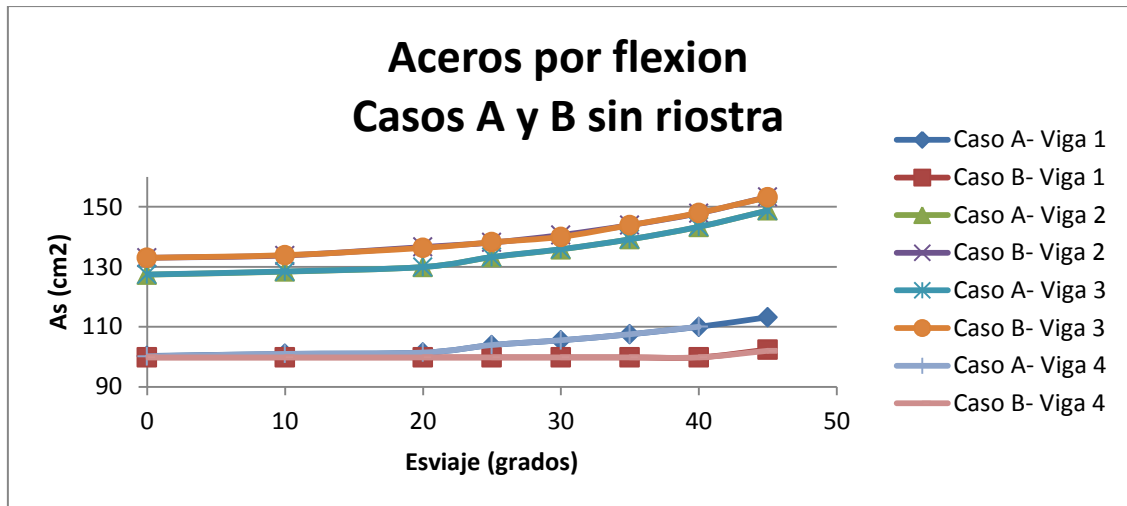
Las reacciones en las vigas exteriores del caso A son mayores que las del caso B aunque presentan el mismo comportamiento. Las vigas interiores para ambos casos tienen un comportamiento igual y los valores no varían significativamente.

**Gráfica 70. Reacción Apoyo Móvil - Casos A y B sin riostra**



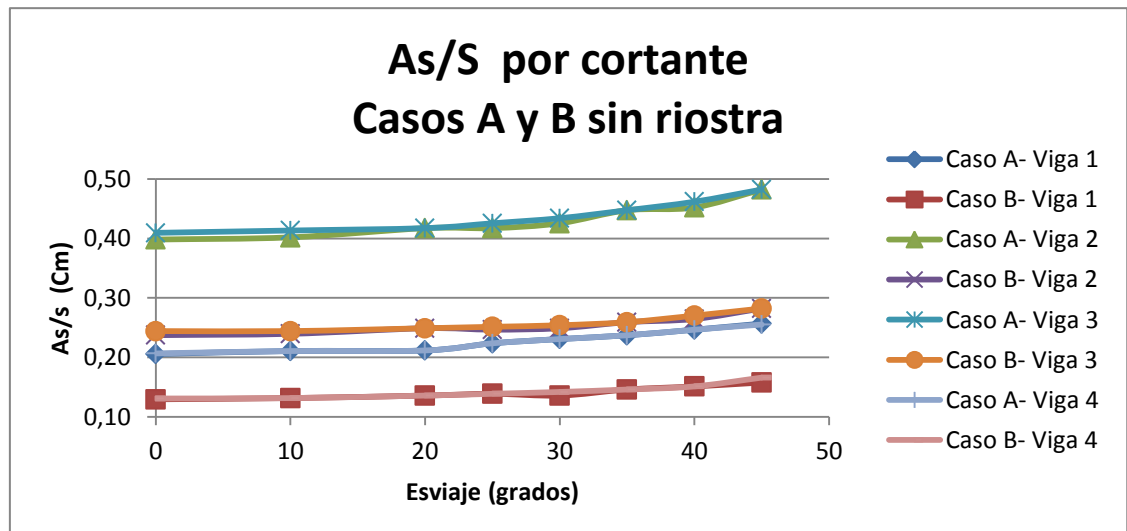
Las reacciones por apoyo móvil presentan el mismo comportamiento de las reacciones por apoyo fijo descrito en la gráfica anterior.

**Grafica 71. Acero Longitudinal - Casos A y B sin riostra**



El refuerzo longitudinal en las vigas exteriores es igual para ambos casos cuando el esviaje está entre 0°-20° después de los 20° el refuerzo para el caso A es superior que para el caso B. En las vigas interiores el refuerzo es mayor en el caso B para cualquier ángulo de esviaje.

**Grafica 72. Relación Acero por cortante y su Separación  
Casos A y B sin riostra**



La relación del refuerzo a cortante con su separación es menor en el caso B para todas las vigas lo cual indica que el refuerzo a cortante es mayor para el caso A.

#### 4. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

- Las fuerzas internas que actúan en un puente esviado de viga y losa de concreto reforzado aumentan cuando el ángulo de esviaje va ascendiendo, ya que al poseer esta inclinación las fuerzas se vuelven más críticas.
- Los modelos planteados del puente esviado presentan una sollicitación de fuerzas internas mayores en las vigas interiores, debido a que son éstas las que soportan la mayor parte de la carga viva vehicular, por esta razón requieren de una mayor cantidad de acero de refuerzo para resistir las sollicitaciones a flexión y cortante.
- El comportamiento de un puente esviado con riostra, hace que ésta produzca esfuerzos que aumentan las sollicitaciones en las vigas a medida que se incrementa el ángulo de esviaje, ya que se transfieren las cargas del puente a todas las vigas; en cambio, cuando no posee riostra las vigas trabajan mejor, puesto que soportan las cargas de su área aferente y al estar inclinadas resisten mejor las fuerzas internas que se producen en el puente.
- En los ángulos de esviajes comprendidos entre  $0^\circ$  y  $20^\circ$  en los puentes sin riostra, las vigas presentan igualdad en su comportamiento sin mostrar una variación significativa en sus fuerzas internas, haciendo que las cantidades de aceros sean iguales para las vigas exteriores e interiores, presentando estas una mayor sollicitación. Cuando el esviaje es mayor a  $20^\circ$  las fuerzas

internas aumentan significativamente y por ende el refuerzo varia para cada ángulo de esviaje.

- Las dos alternativas estudiadas presentan igual comportamiento aunque su sección sea diferente, por lo cual se puede concluir, que la sección más adecuada es la del caso B ya que presenta un menor requerimiento de concreto y acero, lo que puede llevar a una disminución en los costos de la construcción del puente.
- El modelamiento del puente en el programa SAP se puede hacer de diversas maneras, recomendamos la planteada en esta tesis ya que se puede apreciar la estructura de una forma más real lo cual ayuda a tener una mejor apreciación de cómo se va a comportar el puente.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- TRUJILLO OROZCO, Jose Eusebio. Diseño de Puentes de Concreto. 2Ed. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 1993.
- McCORMAC, Jack C. DISEÑO DE CONCRETO REFORZADO, 4 ed. México D.F.: AlfaOmega grupo editor, 2002. 1-3p.
- REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE NSR-10, Bogotá D.C. 2010. Capitulo C.
- Jairo Uribe Escamilla, ANALISIS DE ESTRUCTURAS, Edición Uniandes, tercera edición, 1993.
- INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, Ministerio de Transporte, CÓDIGO COLOMBIANO DE DISEÑO SÍSMICO DE PUENTES, 1995, CCP, asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.
- Cesar Mauricio Mantilla Galvis, Tesis de Grado, ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD ENTRE LAS ALTERNATIVAS DE PUENTES VANO A VANO Y VIGA-LOSA, Universidad Industrial de Santander, 2009.

## 6. ANEXOS

### ANEXO A: PROCEDIMIENTOS

#### DIMENSIONAMIENTO.

- **Número de vigas = Número de carriles+1**

Número de vigas= 2+1=3

- **Separación entre vigas ( $S_v$ )**

$$S_v = \frac{\text{ancho total de la calzada}}{\text{número de vigas}}$$

$$S_v = \frac{11.5}{3} = 3.83 \text{ m}$$

Este valor de separación es alta comparado con el máximo permitido en Colombia que es 3m, por esta razón se debe aumentar el número de vigas para reducir esta separación.

Número de vigas = 4

$$S_v = \frac{11.5}{4} = 2.875 \text{ m}$$

En este caso se utiliza  $S_v=3\text{m}$ .

- **Ancho de vigas:** En este modelo se tomaron dos anchos de viga: 0.45 y 0.3 m, para realizar dos alternativas.

- **Espesor de la placa ( $e_p$ )<sup>5</sup>**

$$S = S_v - A_v = 3 - 0.3 = 2.7m$$

$$e_{p1} = \frac{S + 3.05}{30} = \frac{2.7 + 3.05}{30} = 0.192m \sim 0.2m$$

$$S = S_v - A_v = 3 - 0.45 = 2.55m$$

$$e_{p2} = \frac{S + 3.05}{30} = \frac{2.55 + 3.05}{30} = 0.186m \sim 0.2m$$

- **Altura de vigas ( $h_v$ )** (Fórmula de la AASHTO)

$$h_v = 1.10 * \left(0.15 + \frac{L}{18}\right)$$

$$h_v = 1.10 * \left(0.15 + \frac{20}{18}\right) = 1.387m \sim 1.4m$$

## **CARGAS.**

**Cargas muertas:** Las cargas de cada elemento del puente fueron halladas multiplicando el área por la densidad y dividiéndolas en la longitud donde se deseaba distribuir.

- Cargas para la parte interior del puente (sin incluir los voladizos):

$$\text{Densidad del asfalto} = 2 \frac{KN}{m^3}$$

$$\text{Densidad del concreto reforzado} = 24 \frac{KN}{m^3} \quad ^6$$

<sup>5</sup> Código colombiano de diseño sísmico de puentes, 1995. numeral A.7.6.6.2

<sup>6</sup> REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE NSR-10, Bogotá. 2010. B-9p

- Cargas para los voladizos:

*Densidad del concreto simple* =  $23 \frac{KN}{m^3}$  <sup>7</sup>, este concreto se utiliza para la capa de rodadura peatonal.

$$Peso \text{ baranda} = 1 \frac{KN}{m} \quad ^7$$

Para calcular el peso muerto de cada elemento utilizamos la siguiente fórmula:

$$W = b * l * h * \gamma$$

$\gamma$ : Densidad (KN/m<sup>3</sup>)

W: peso en KN

B: base (m)

L: profundidad (m)

H: altura (m)

**Carga viva:** Las cargas vivas para el puente están compuestas por las cargas aportadas por los peatones sobre los andenes y la carga móvil aportada por los camiones.

La carga viva del peatón se toma según el código colombiano de diseño sísmico de puentes en el numeral A.3.4.8 como la siguiente:

$$\text{Luces entre 0 y 7.5 m de longitud} = 400 \text{ kgf/m}^2 = 3.92 \text{ KN/m}^2$$

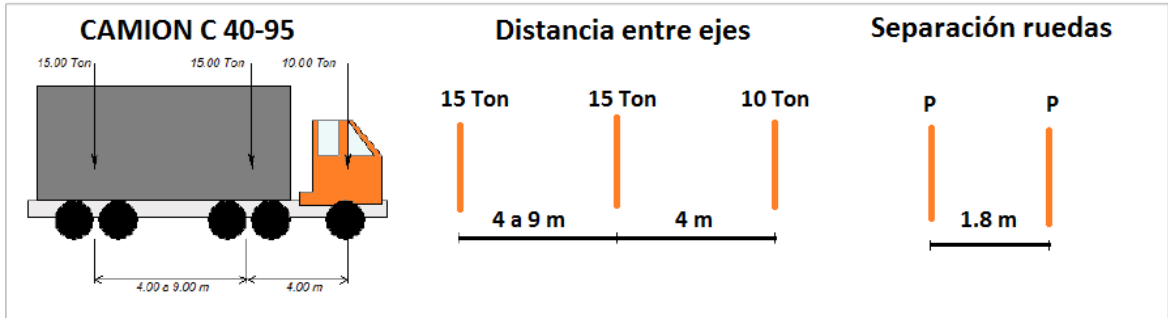
Los camiones de diseño que se utilizan según el código colombiano de diseño sísmico de puentes de 1995 en el numeral A.3.4.2.2 son el C 40-95 y el C 32-95.

Para este modelo se utiliza el C 40-95 porque es el que presenta mayor carga:

---

<sup>7</sup> REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE NSR-10, Bogotá. 2010. B-16p

## Camión de diseño C 40-95



El impacto que se presenta por el camión se da en el numeral A.3.4.3.2

$$I = \frac{16}{L + 40}$$

Para este puente el impacto será:

$$I = \frac{16}{20 + 40} = 0.27$$

### **COMBINACIÓN DE CARGAS**

Las combinaciones de carga son establecidas en el numeral A.3.12-1 del CCDSP.

#### **Combinaciones de carga.**

Combinaciones de Carga						
Carga Grupo	D	L+I	E	W	WL	EQ
I - ELU	1.3	2.171	1.69	0	0	0
II - ELU	1.3	0	1.69	1.30	0	0
III - ELU	1.3	1.3	1.69	0.39	1.3	0
VII - ELU	1	0	1.3	0	0	1
I - ELS	1	1	1	0	0	0
II - ELS	1	0	1	1	0	0
III - ELS	1	1	1	0.3	1	0
VII - ELS	1	0	1	0	0	1

Para este caso se escoge el grupo I que es 1.3D+ 2.171(L+I).

Peatón:  $2.171 * W_l$

$$\text{camión: } 2.171 * (W_c + I) = 2.171 * 1.27 * W_c = 2.7572W_c$$

Quedando la combinación de carga así:

$$\text{Grupo(I)} = 1.3D + 2.171W_L + 2.7572 W_c$$

## DISEÑO ESTRUCTURAL

El cálculo de los aceros se hizo según la NSR-10.

### ***Diseño a flexión***<sup>8</sup>.

El acero a flexión se calculo con el momento máximo que se encuentran el centro de luz de cada viga para los diferentes ángulos de esviaje, para ello se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$m = \frac{f_y}{0.85 * f'_c}$$

$$k = \frac{M_n}{bd^2}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mk}{f_y}} \right)$$

$$A_s = \rho bd$$

---

<sup>8</sup> REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE NSR-10, Bogotá. 2010. C-137p



$$s = \frac{A_v * f_y}{V_s} * d$$

Donde:

$V_u$ , es la fuerza cortante mayorada en la sección considerada.

$V_n$ , es la resistencia nominal al cortante.

$V_c$ , es la resistencia nominal al cortante proporcionada por el concreto.

$S$ , es el espaciamiento.

A continuación se mostrara como ejemplo el cálculo de acero por cortante de una viga tipo:

**Cálculo de refuerzo a cortante. (Viga 1- Esviaje 0° con riostra)**

$V_u$ (KN)	955.614				
$b_w$ (cm)	45				
$d$ (cm)	133				
$f'_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	210				
$f_y$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	4200				
$v_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$v_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$v_s$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$v_{s \max}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$v_s < v_{s \max}$	Separación estribos N. 4
16.28	7.68	11.47	30.43	si	20.7

### **Diseño a torsión<sup>10</sup>.**

La resistencia torsional del puente es muy grande, debido a la disposición y el número de vigas, la geometría y el peso de sus elementos. Por lo tanto no se tiene en cuenta el efecto de momentos torsores en la estructura.

El efecto de torsión se puede despreciar cuando:

$$T_u < \Phi 0.083 \lambda \sqrt{f'_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$\Phi = 0.75$$

$T_u$  es el momento torsional mayorado.

$$T_u < 0.75 * 0.083 * \sqrt{21} \left( \frac{860000^2}{7800} \right) = 27049.01 \text{ KN} - m$$

### **Momento torsional.**

			<b>Torsión (KN-m)</b>
Vigas de ancho 30cm	$A_{cp}$ (mm)	860000	27049.01
	$P_{cp}$ (mm)	7800	
Vigas de ancho 45cm	$A_{cp}$ (mm)	1040000	39556.79
	$P_{cp}$ (mm)	7800	

Al comparar este momento torsor con los obtenidos en el modelo, se aprecia que estos son significativamente menores, por lo tanto el efecto de torsión es despreciable.

### **CALCULO DEL ESVAIAJE**

Para calcular el esviaje en un puente de viga y losa, se utiliza relación de triángulos para encontrar los desplazamientos en el eje x de cada punto.

<sup>10</sup> REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE NSR-10, Bogotá. 2010. C-180p

## Diagrama del puente esviado.



Por ejemplo si se quiere hallar el desplazamiento  $x$  de una distancia igual a 0.125 m y un ángulo de esviaje de  $10^\circ$  el procedimiento será el siguiente:

$$\text{Desplazamiento} = \text{distancia} * \tan\beta$$

Entonces:

$$\text{Desplazamiento} = 0.125 * \tan(10) = 0.022 \text{ m}$$

Los ángulos utilizados para la comparación de las fuerzas internas fueron  $10^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $25^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $35^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $45^\circ$ .

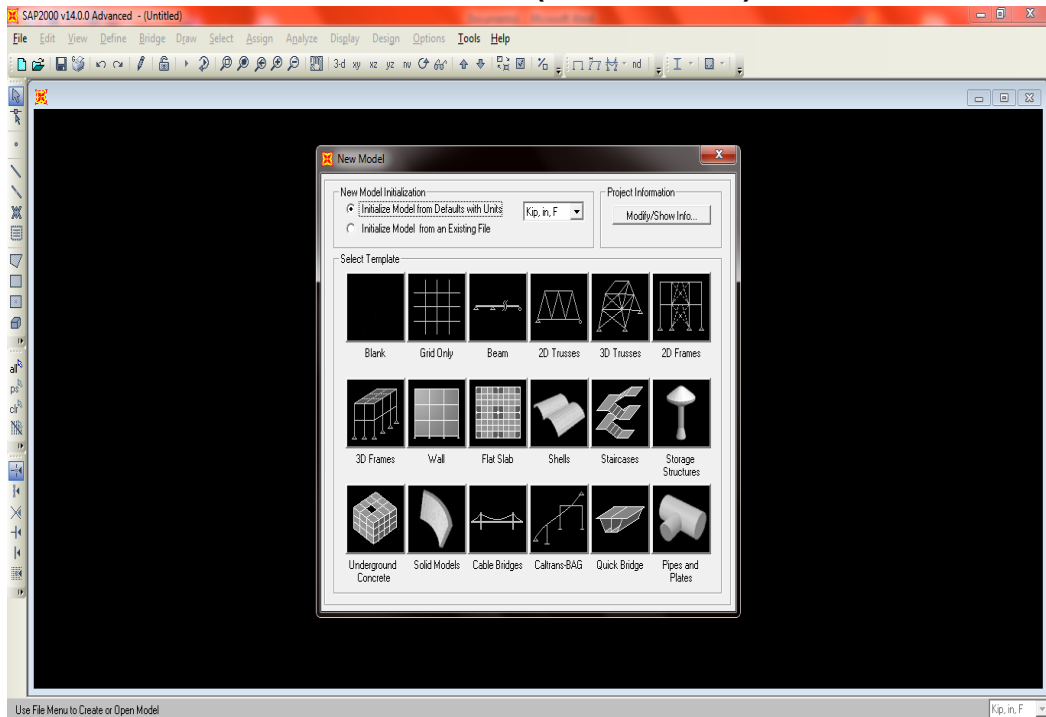
## ANEXO B: MODELAMIENTO

Para proceder a modelar un puente de viga y losa en el programa SAP 2000, se deben seguir los pasos mencionados a continuación:

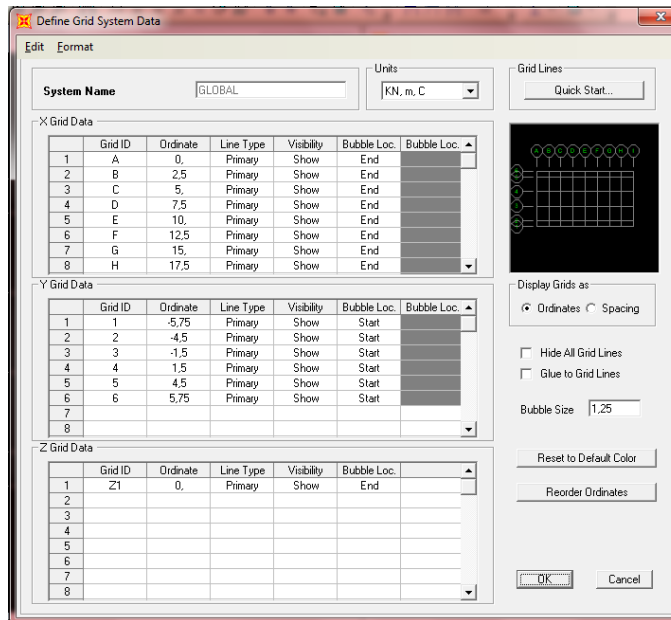
**1. Fijar las unidades de trabajo deseadas:** esto se hace en la pestaña que se encuentra en la parte inferior derecha de la pantalla.

**2. Configurar la grilla:** En *file/new model*, aparece una ventana con diferentes opciones para modelar una estructura, para efectos prácticos se escoge *grid only*, esta opción da la posibilidad de modificar la grilla dando doble click sobre ella.

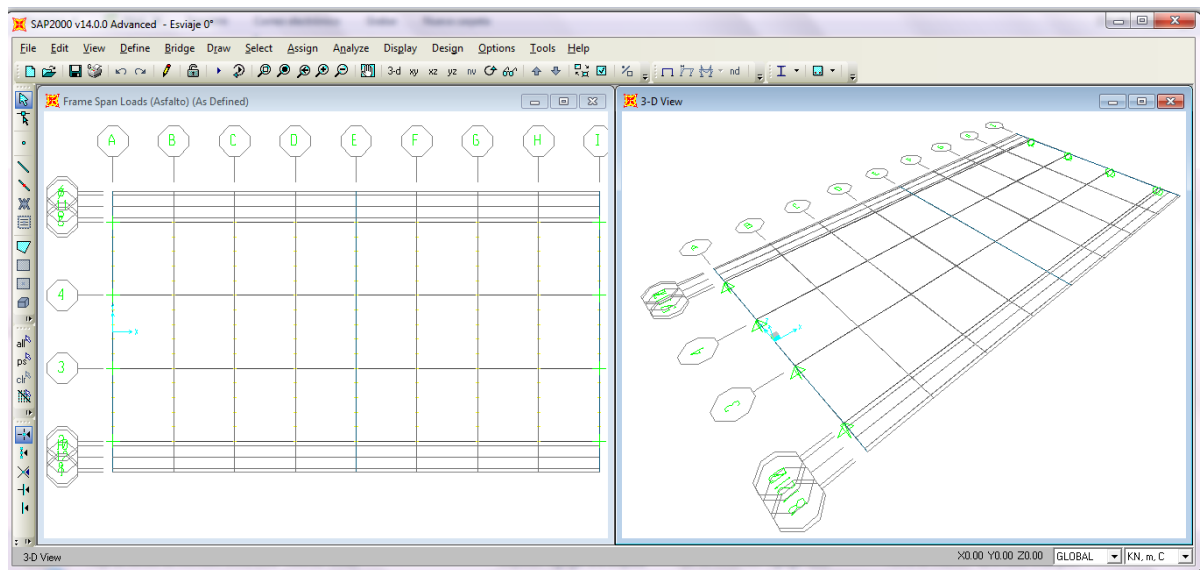
### Definir modelo (Ventana SAP)



## Definir grilla

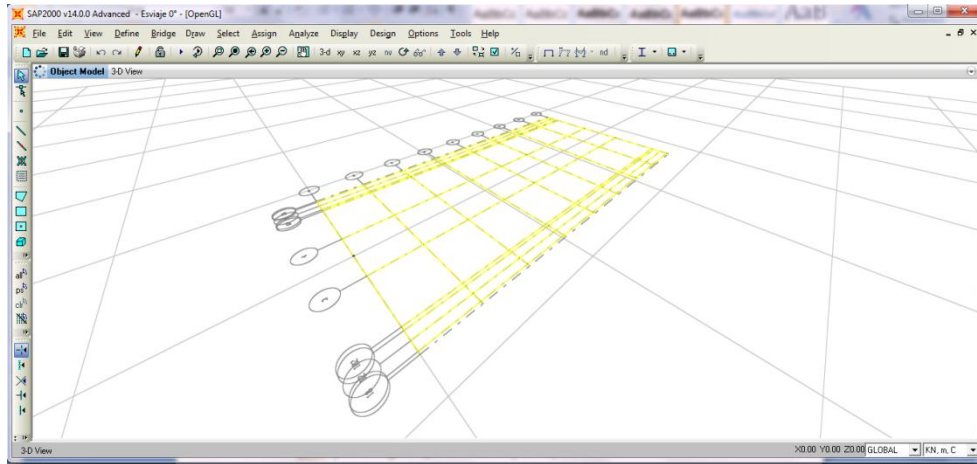


## Vista de la grilla.



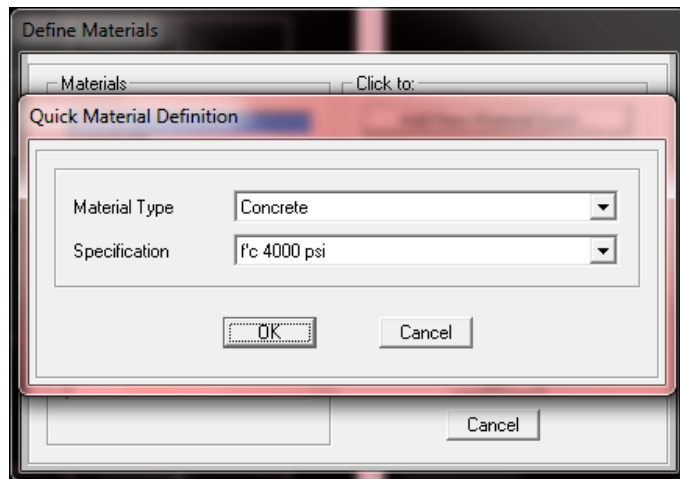
**3. Trazar elementos:** En la barra vertical izquierda de la pantalla, se escoge la opción *draw frame/cable element* para dibujar los elementos del puente.

## Trazado de elementos.



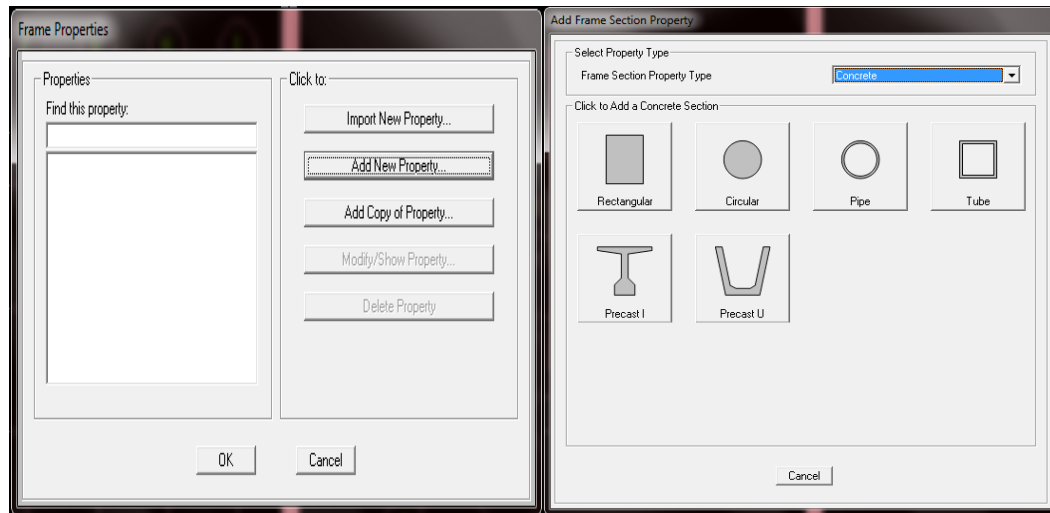
**4. Definir materiales:** En *define/materials*, se selecciona *add new material quick*, y se escoge el tipo de material y su especificación.

## Definición de materiales



**5. Definir secciones:** En *define/section properties/frame section*, se escoge la opción *add new property*. En *frame section property type*, se hace la selección del material, para este caso concreto, luego se elige la sección deseada y se modifican sus propiedades.

## Definir secciones

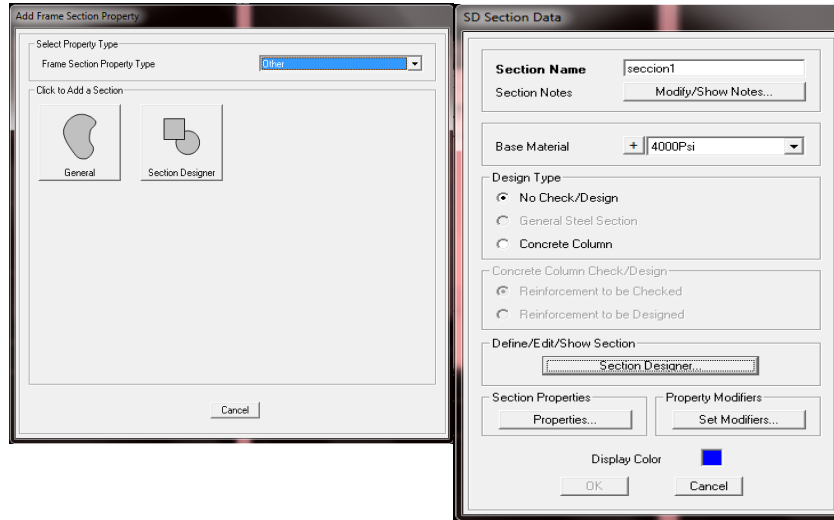


En caso de que se necesite una sección diferente, como para este proyecto una sección L para las riostras exteriores, se procede así:

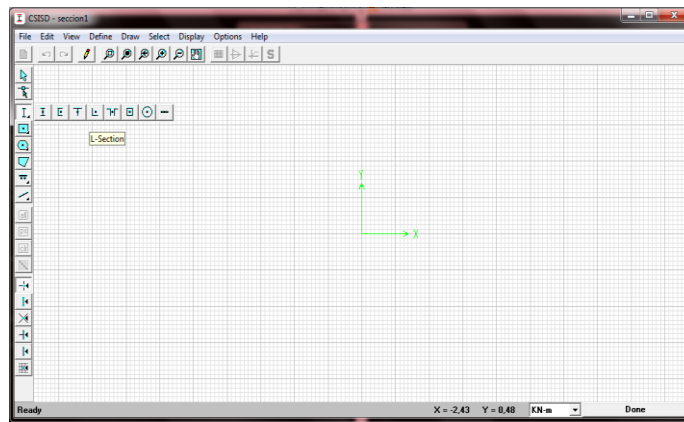
- **Riostras exteriores:** En *frame section property type*, se escoge *other/section designer*, en la ventana que aparece, se le da un nombre a la sección y se escoge el tipo de material, luego click en *section designer* donde aparece una ventana de dibujo, en la cual se dibuja la sección deseada; para este caso particular en que se necesita una sección L que el programa ya tiene definida, se va a la barra de herramientas que está en la parte izquierda de la pantalla, opción *draw structural shape/L-section* y luego se da click en cualquier punto de la pantalla, para modificar las dimensiones de dicha sección, se da click derecho sobre ella y se realizan los cambios deseados.

Luego en *file/print setup* se le asigna un nombre a la sección y se da click en *done* en la parte inferior de la pantalla, la sección queda creada.

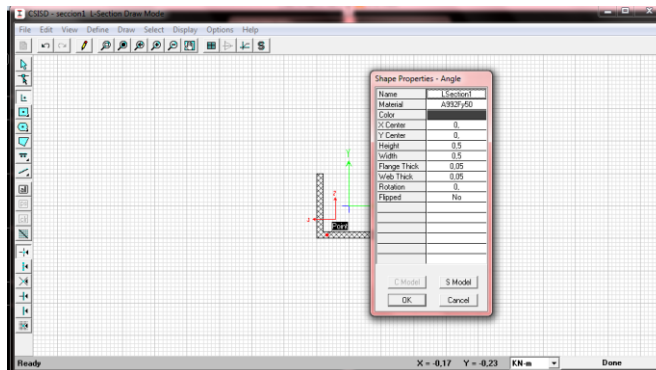
## Definir otras secciones



## Diseñar secciones

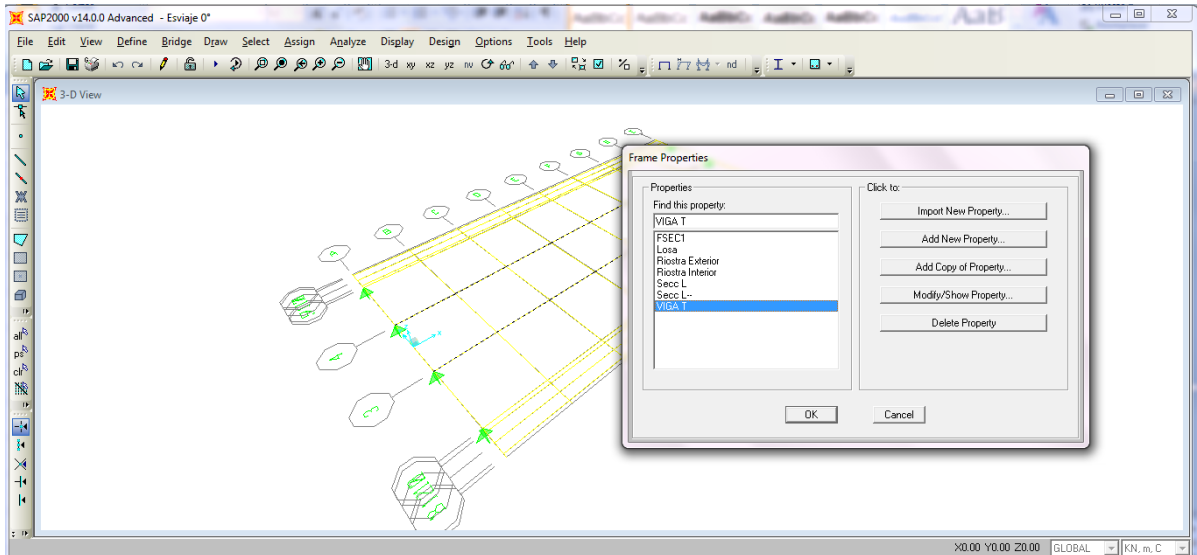


## Definir propiedades de la sección.



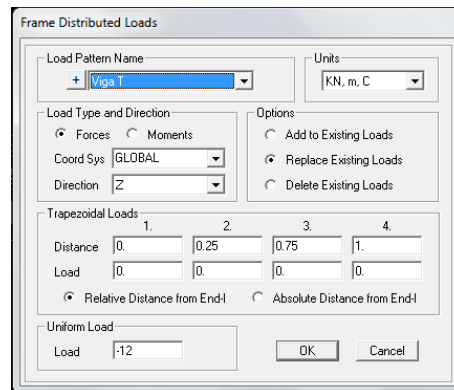
**6. Asignar secciones:** Para esto se escoge el o los elementos que tengan la misma sección y se va a *assign/frame/frame section* donde se escoge la sección que corresponde.

### Asignar secciones

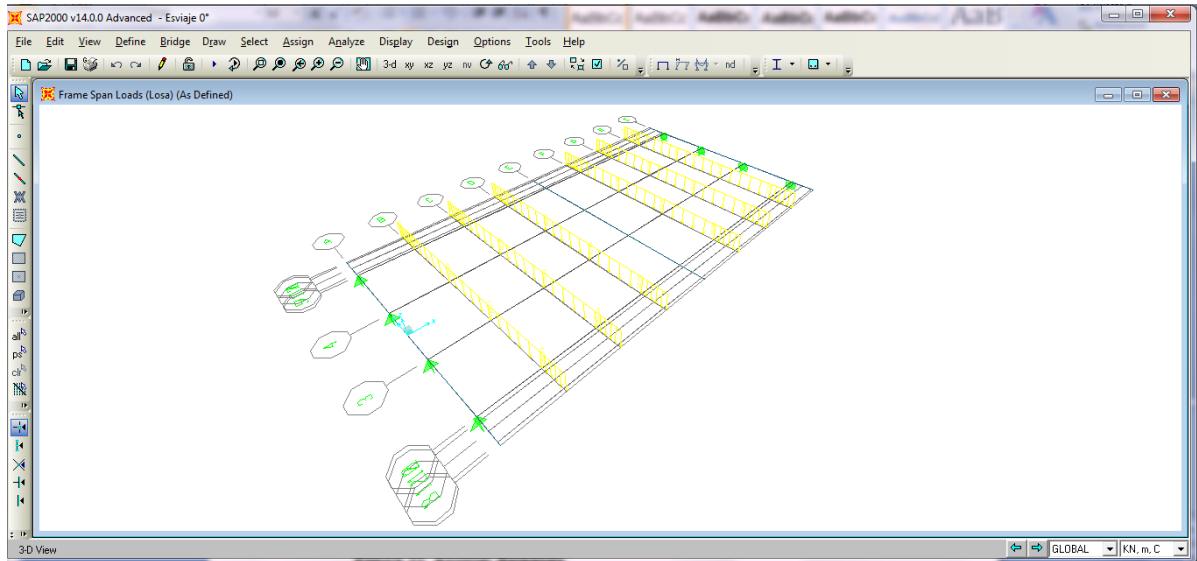


**7. Cargas:** Se escoge el o los elementos que tengan la misma carga y en *assign/frame/frame loads* se selecciona la aplicación de carga (*gravity, point, distributed, temperature* etc.) y se le asigna el valor que corresponda.

### Definir cargas

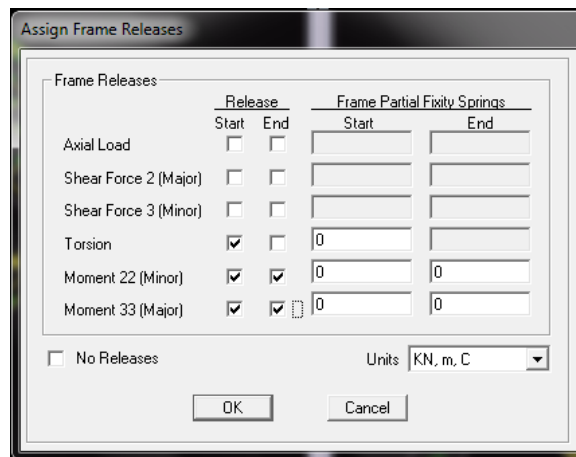


## Vista de cargas



En las riostras no se transmiten momentos ni torsión, por eso deben liberarse las riostras aplicando un *releases*, para esto se seleccionan las riostras (sin voladizo) y en *Assign/ Frame/ Releases* aparece una ventana donde están las fuerzas, para este caso se escogen las de momento y un grado de torsión.

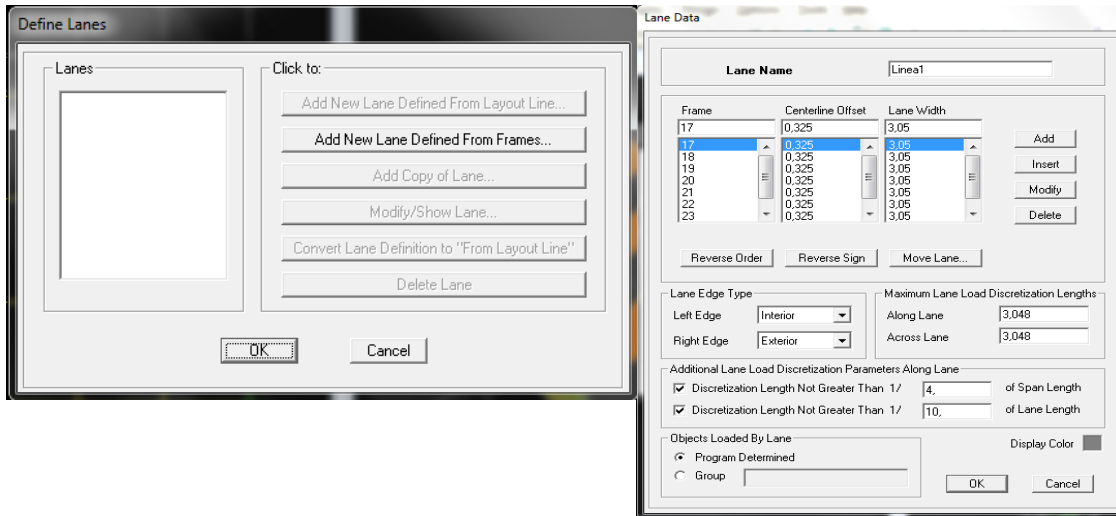
## Asignar Releases



**8. Línea de Influencia:** En la barra de herramientas se escoge *bridge/line*, en la ventana que aparece se elige *add new line defined from frame*, en esta nueva ventana se asigna el nombre de la línea y en *frame* se define el elemento de

referencia, en *centerline offset* se da la distancia desde el elemento de referencia hasta la línea de influencia, en *lane width* se coloca el valor de 3,05 que es el ancho de influencia del camión. En *lane edge type* se le asigna la posición de la línea en el lado derecho e izquierdo.

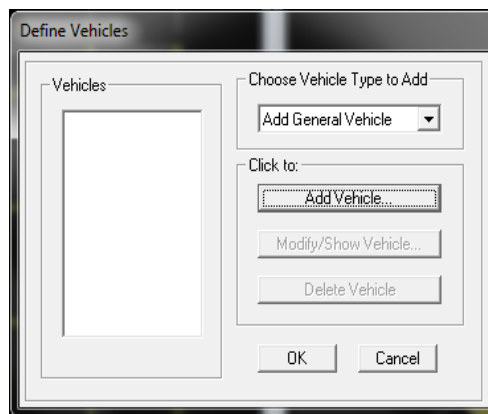
### Definir líneas



**9. Creación de un camión:** Los camiones de diseño en Colombia son el C 40-95 y el C-32-95. El camión más crítico es el C-40 por ende se crea dicho camión para el análisis de cargas, siguiendo este procedimiento:

En *bridge/vehicles* aparece una ventana y en *choose vehicles type to add* se elige *add general vehicle* y se da click en *add vehicle*.

### Definir vehículo



Aparecerá una ventana para definir el vehículo, se le da un nombre, en *for line moments* y en *for other responses* se asigna en *width type* *two point*.

En *min dist allowed from axle load* se asigna el valor de la distancia que hay entre la llanta y el borde lateral del camión, para este caso 0,6.

En *load length type*, se elige el tipo de carga a colocar (móvil, fija o variable); en *minimum distance* se escribe la distancia longitudinal que hay entre las llantas, para el ultimo eje del camión se coloca una *maximum distance* de 9m ya que este varia de 4m a 9m; en *uniform width type* se selecciona *fixed width* y en *uniform type* se coloca 3,05 que es el ancho; en *axle load* se le asigna la carga del eje; en *axle width type* se selecciona *two point* y en *axle width* se coloca la separación entre las llantas transversalmente.

### Definir datos del vehículo

**General Vehicle Data**

Vehicle name: C-40      Units: KN, m, C

**Floating Axle Loads**

	Value	Width Type	Axle Width
For Lane Moments	0.	Two Points	1.
For Other Responses	0.	Two Points	1.

Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

**Usage**

Lane Negative Moments at Supports  
 Interior Vertical Support Forces  
 All other Responses

**Min Dist Allowed From Axle Load**

Lane Exterior Edge: 0.6  
 Lane Interior Edge: 0.6

**Length Effects**

Axle: AASHTO Impact      Modify/Show...  
 Uniform: None      Modify/Show...

**Load Plan**

**Load Elevation**

**Loads**

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Fixed Length	0.01		0.	Fixed Width	3.05	98,0665	Two Points	1.8
Fixed Length	0.01		0.	Fixed Width	3.05	98,0665	Two Points	1.8
Fixed Length	4.		0.	Fixed Width	3.05	147,0998	Two Points	1.8
Variable Length	4.	9.	0.	Fixed Width	3.05	147,0998	Two Points	1.8

Add    Insert    Modify    Delete

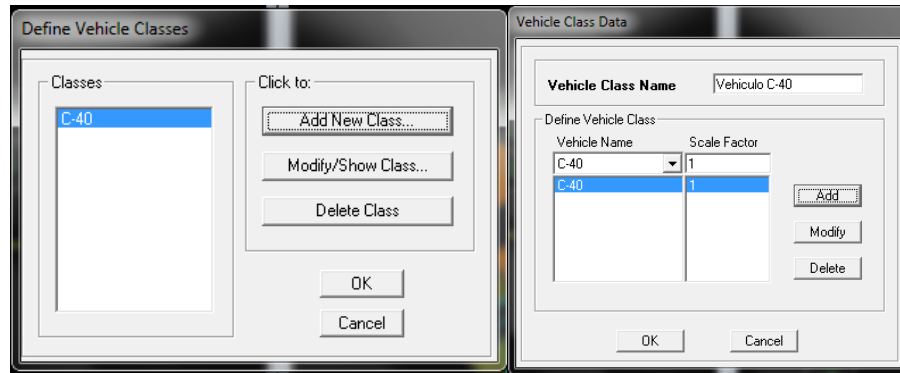
Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only      Straddle Reduction Factor:

Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)

OK    Cancel

En *bridge/vehicles classes* se da click en *add new class* se coloca un nombre y se asigna el vehículo creado.

### Definir clase de vehículo

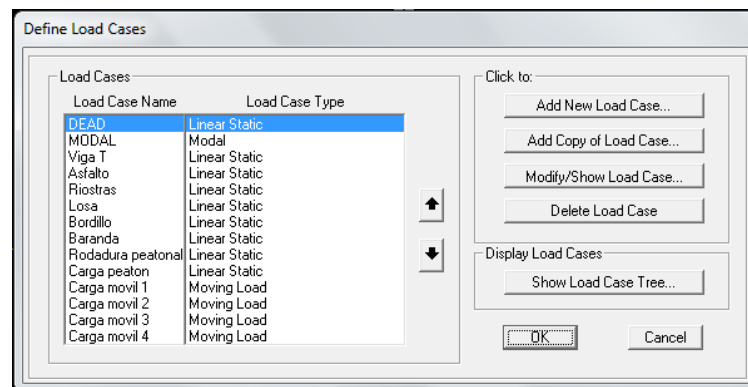


### 10. Definir casos

Después de haber creado todas las líneas de influencia y de haber definido el vehículo se crea un caso de carga de tipo móvil con los siguientes pasos:

En *define/load cases* aparece la siguiente ventana

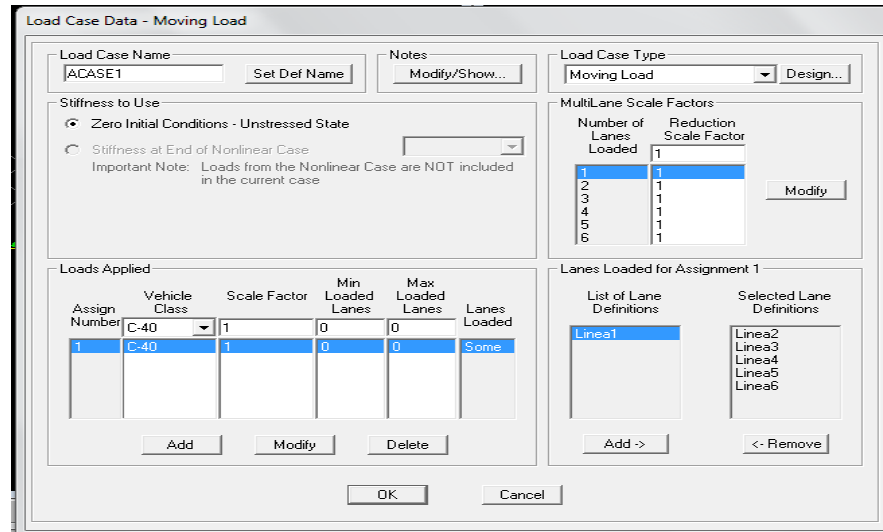
### Definir casos de carga



En *add new load case* se definen las características de la carga, para este caso como la carga es de un vehículo se define esta carga de tipo móvil, esto se hace en *load case type*. En *loads applied* se escoge el vehículo y se adiciona, luego se

le asignan las líneas por donde va a pasar, esto se hace en *lanes loaded for assignment 1*.

### Caso de carga tipo móvil



### 11. Combinaciones de carga

Las combinaciones de carga son aquellas que se rigen en la norma, para este caso se utiliza  $1.3 \cdot D + 2.171(L+I)$ . Para crearlas se va a *define/load combinations/add new combo* y se asignan las cargas que correspondan a cada combo (muerta, viva peaton y móvil) con su respectivo factor de mayoración el cual se asigna en *scale factor*.

Luego se crea un combo que reúna estas tres combinaciones de carga, con factor de mayoración igual a 1.

## Combinaciones de carga

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
Asfalto	Linear Static	1.3
Asfalto	Linear Static	1.3
Baranda	Linear Static	1.3
Bordillo	Linear Static	1.3
Losa	Linear Static	1.3
Riostras	Linear Static	1.3
Rodadura peatonal	Linear Static	1.3
Viga T	Linear Static	1.3

## 12. Modelamiento de esviaje

Se parte del modelo anterior para definir los ángulos de esviaje. Se seleccionan los puntos que tengan el mismo desplazamiento, luego se aplica el comando *Ctrl+M* y se le agrega el valor en la dirección que se requiera.

## Modelamiento de esviaje

Move

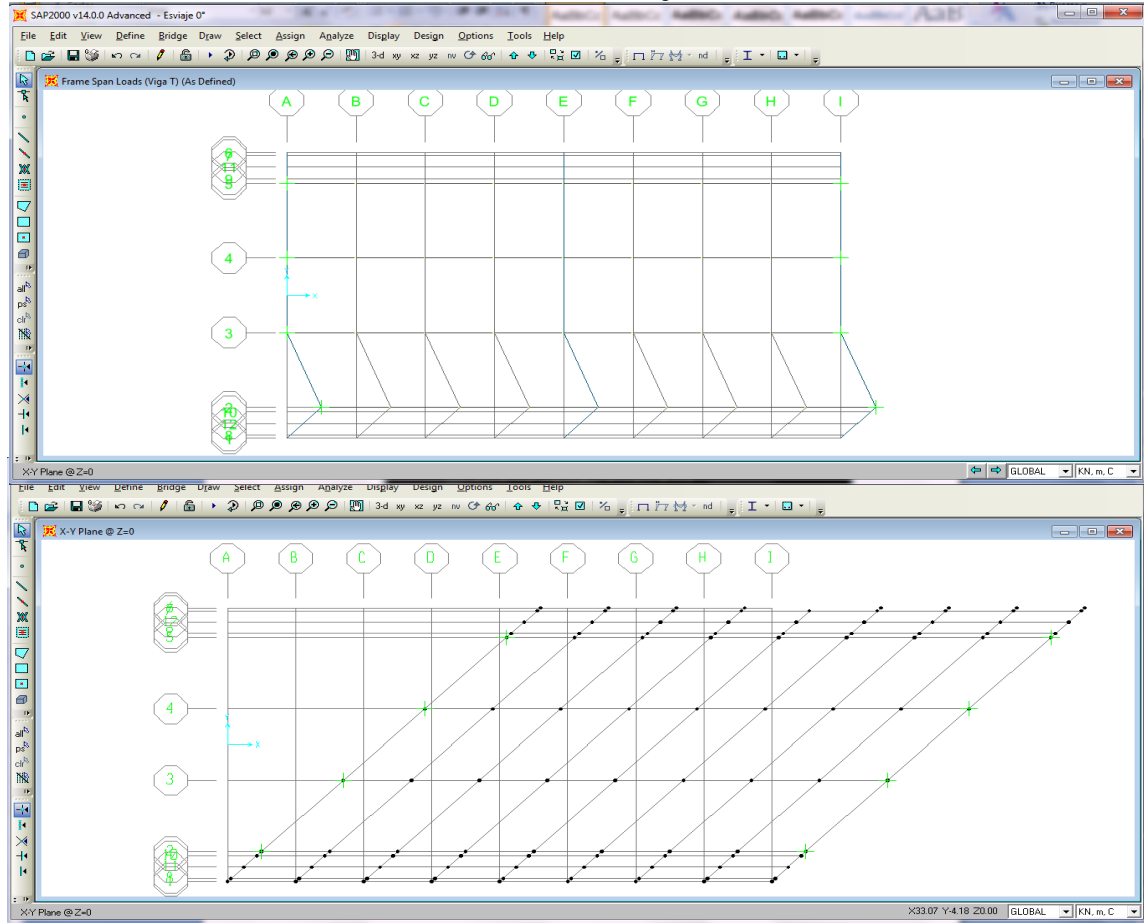
Change Coordinates by:

Delta X

Delta Y

Delta Z

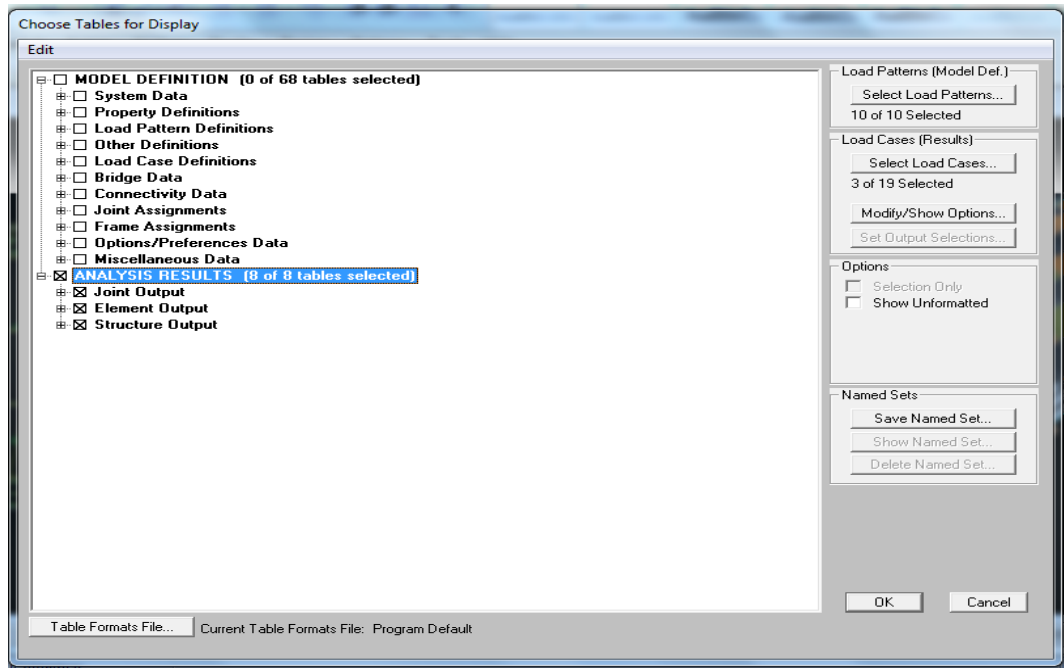
## Vista esviaje



## 13. Resultados

Para encontrar los valores de los momentos, cortante, desplazamientos, reacciones y demás fuerzas, se va a *Display/show tables*, aparece una ventana donde se puede elegir el tipo de caso de carga y las tablas que se deseen.

## Selección de tablas



## ANEXO C: TABLAS DE DATOS

### 1. CASO A

Puente con vigas exteriores e interiores de ancho igual a 45 cm.

- Puente modelado Con riostra.

**Tabla 1. Fuerzas internas Viga 1 - Caso A con riostra.**

		VIGA 1						
		1.3D+2.171(L+I)						
		Momento Mu (KN-m)	Cortante Vu <sub>max</sub> (KN)		Deformaciones (m)	Torsor (KN-m)	Reacción (KN)	
			+	-			Fijo	Móvil
<b>ESVIAJE</b>	<b>0</b>	5083.34	1065.23	1065.23	0.0485	1270.25	1130.56	1130.56
	<b>10</b>	5110.12	1077.99	1062.77	0.0487	1292.39	1128.87	1144.09
	<b>20</b>	5174.66	1099.44	1072.01	0.0492	1323.87	1140.54	1167.97
	<b>25</b>	5233.33	1115.80	1082.47	0.0498	1342.93	1152.95	1186.29
	<b>30</b>	5302.42	1133.92	1097.02	0.0504	1364.28	1170.06	1206.96
	<b>35</b>	5391.04	1155.59	1117.04	0.0512	1387.75	1193.36	1231.91
	<b>40</b>	5502.23	1180.58	1143.08	0.0524	1412.96	1223.61	1261.12
	<b>45</b>	5647.66	1211.32	1178.32	0.0537	1441.57	1264.27	1297.27

**Tabla 2. Cantidad de aceros Viga 1 – Caso A con riostra**

		ACEROS VIGA 1	
		1.3D+2.171(L+I)	
		Aceros (cm <sup>2</sup> )	As/S (cm)
		Flexión	Cortante
<b>ESVIAJE</b>	<b>0</b>	107.10	0.12
	<b>10</b>	107.10	0.13
	<b>20</b>	109.10	0.13
	<b>25</b>	110.40	0.13
	<b>30</b>	111.90	0.14
	<b>35</b>	113.90	0.14
	<b>40</b>	116.40	0.15
	<b>45</b>	119.60	0.15

**Tabla 3. Fuerzas internas Viga 2 - Caso A con riostra**

		VIGA 2						
		1.3D+2.171(L+I)						
		Momento Mu (KN-m)	Cortante Vu <sub>max</sub> (KN)		Deformaciones (m)	Torsor (KN-m)	Reacción (KN)	
			+	-			Fijo	Móvil
ESVIAJE	0	6574.37	1808.93	1808.93	0.0607	1611.05	1860.90	1860.90
	10	6625.21	1811.27	1816.20	0.0611	1644.22	1868.97	1864.04
	20	6729.23	1815.49	1833.89	0.0620	1701.35	1889.20	1870.79
	25	6827.23	1834.92	1849.36	0.0630	1741.31	1906.70	1892.26
	30	6937.99	1850.06	1874.12	0.0641	1784.49	1934.13	1910.07
	35	7078.20	1870.11	1906.32	0.0655	1831.11	1969.76	1933.55
	40	7257.21	1898.03	1946.21	0.0674	1881.50	2014.04	1965.86
	45	7488.05	1935.53	1997.07	0.0697	1934.08	2070.57	2009.03

**Tabla 4. Cantidad de aceros Viga 2 – Caso A con riostra**

		ACEROS VIGA 2	
		1.3D+2.171(L+I)	
		Aceros (cm <sup>2</sup> )	As/S (cm)
		Flexión	Cortante
ESVIAJE	0	140.26	0.24
	10	141.41	0.24
	20	143.76	0.25
	25	145.97	0.25
	30	148.48	0.25
	35	151.66	0.26
	40	155.73	0.27
	45	161.00	0.29

**Tabla 5. Fuerzas internas Viga 3 - Caso A con riostra**

		VIGA 3						
		1.3D+2.171(L+I)						
		Momento Mu (KN-m)	Cortante Vu <sub>max</sub> (KN)		Deformaciones (m)	Torsor (KN-m)	Reacción (KN)	
			+	-			Fijo	Móvil
ESVIAJE	0	6576.11	1809.49	1809.49	0.0606	1611.05	1861.46	1861.46
	10	6626.95	1816.81	1811.82	0.0611	1644.21	1864.59	1869.58
	20	6734.73	1833.53	1823.19	0.0621	1701.80	1878.49	1888.84
	25	6828.91	1849.89	1835.44	0.0630	1741.29	1892.78	1907.23
	30	6939.64	1874.63	1850.56	0.0641	1784.46	1910.57	1934.63
	35	7075.90	1894.29	1870.41	0.0654	1831.14	1933.85	1957.73
	40	7258.86	1946.65	1898.50	0.0673	1881.52	1966.34	2014.49
	45	7487.34	1996.79	1935.54	0.0697	1933.69	2009.03	2070.28

**Tabla 6. Cantidad de aceros Viga 3 – Caso A con riostra**

		ACEROS VIGA 3	
		1.3D+2.171(L+I)	
		Aceros (cm <sup>2</sup> )	As/S (cm)
		Flexión	Cortante
ESVIAJE	0	140.30	0.24
	10	141.45	0.24
	20	143.88	0.25
	25	146.01	0.25
	30	148.51	0.26
	35	151.60	0.26
	40	155.77	0.28
	45	160.98	0.29

**Tabla 7. Fuerzas internas Viga 4 - Caso A con riostra**

		VIGA 4						
		1.3D+2.171(L+I)						
		Momento Mu (KN-m)	Cortante Vu <sub>max</sub> (KN)		Deformaciones (m)	Torsor (KN-m)	Reacción (KN)	
			+	-			Fijo	Móvil
ESVIAJE	0	5084.07	1065.38	1065.38	0.0484	1270.22	1130.72	1130.72
	10	5110.93	1062.97	1078.12	0.0486	1292.36	1144.22	1129.07
	20	5180.40	1072.75	1100.95	0.0492	1324.00	1169.48	1141.28
	25	5234.03	1082.64	1115.94	0.0498	1342.90	1186.42	1153.12
	30	5303.11	1097.20	1134.06	0.0504	1364.25	1207.09	1170.23
	35	5388.68	1116.66	1155.11	0.0512	1387.74	1231.43	1192.98
	40	5503.03	1143.28	1180.74	0.0523	1412.99	1261.28	1223.82
	45	5621.15	1174.89	1207.87	0.0535	1438.22	1293.82	1260.84

**Tabla 8. Cantidad de aceros Viga 4 – Caso A con riostra**

		ACEROS VIGA 4	
		1.3D+2.171(L+I)	
		Aceros (cm <sup>2</sup> )	As/S (cm)
		Flexión	Cortante
ESVIAJE	0	107.15	0.12
	10	107.74	0.13
	20	109.26	0.13
	25	110.44	0.13
	30	111.96	0.14
	35	113.85	0.14
	40	116.37	0.15
	45	118.99	0.15

- Puente modelado Sin riostra.

**Tabla 9. Fuerzas internas Viga 1 - Caso A sin riostra**

		VIGA 1						
		1.3D+2.171(L+I)						
		Momento Mu (KN-m)	Cortante Vu <sub>max</sub> (KN)		Deformaciones (m)	Torsor (KN-m)	Reacción (KN)	
			+	-			Fijo	Móvil
ESVIAJE	0	4770.10	1055.11	1055.11	0.0467	1287.97	1120.45	1120.45
	10	4801.01	1067.28	1052.82	0.0468	1309.93	1118.92	1133.38
	20	4821.88	1076.91	1050.93	0.0467	1340.87	1119.46	1145.44
	25	4936.68	1103.39	1071.83	0.0478	1360.92	1142.31	1173.87
	30	5009.21	1120.68	1085.82	0.0484	1382.69	1158.86	1193.72
	35	5100.72	1141.23	1105.00	0.0492	1406.71	1181.32	1217.56
	40	5214.02	1165.12	1130.01	0.0502	1432.77	1210.55	1245.65
	45	5359.31	1194.53	1163.47	0.0515	1462.95	1249.42	1280.48

**Tabla 10. Cantidad de aceros Viga 1 – Caso A sin riostra**

		ACEROS VIGA 1	
		1.3D+2.171(L+I)	
		Aceros (cm <sup>2</sup> )	As/S (cm)
		Flexión	Cortante
ESVIAJE	0	100.27	0.21
	10	100.95	0.21
	20	101.41	0.21
	25	103.92	0.22
	30	105.50	0.23
	35	107.51	0.24
	40	110.00	0.25
	45	113.20	0.26

**Tabla 11. Fuerzas internas Viga 2 - Caso A sin riostra**

		VIGA 2						
		1.3D+2.171(L+I)						
		Momento Mu (KN-m)	Cortante Vu <sub>max</sub> (KN)		Deformaciones (m)	Torsor (KN-m)	Reacción (KN)	
			+	-			Fijo	Móvil
ESVIAJE	0	5999.54	1797.31	1797.31	0.0575	1608.74	1849.28	1849.28
	10	6044.42	1799.30	1804.36	0.0579	1641.67	1857.13	1852.07
	20	6113.77	1799.95	1810.75	0.0583	1687.15	1866.05	1855.25
	25	6261.33	1821.36	1837.25	0.0597	1716.28	1894.59	1878.70
	30	6377.28	1835.52	1860.96	0.0607	1748.13	1920.97	1895.52
	35	6525.81	1854.93	1891.67	0.0619	1783.54	1955.11	1918.37
	40	6710.00	1880.02	1929.00	0.0636	1822.19	1996.83	1947.85
	45	6951.52	1915.15	1977.04	0.0658	1863.57	2050.53	1988.64

**Tabla 12. Cantidad de aceros Viga 2 – Caso A sin riostra**

		ACEROS VIGA 2	
		1.3D+2.171(L+I)	
		Aceros (cm <sup>2</sup> )	As/S (cm)
		Flexión	Cortante
ESVIAJE	0	127.39	0.40
	10	128.39	0.40
	20	129.94	0.42
	25	133.24	0.42
	30	135.84	0.43
	35	139.17	0.45
	40	143.32	0.45
	45	148.78	0.48

**Tabla 13. Fuerzas internas Viga 3 - Caso A sin riostra**

		VIGA 3						
		1.3D+2.171(L+I)						
		Momento Mu (KN-m)	Cortante Vu <sub>max</sub> (KN)		Deformaciones (m)	Torsor (KN-m)	Reacción (KN)	
			+	-			Fijo	Móvil
ESVIAJE	0	6001.39	1797.89	1797.89	0.0575	1608.73	1849.85	1849.86
	10	6047.29	1804.94	1799.88	0.0579	1641.67	1852.65	1857.71
	20	6113.76	1810.75	1799.94	0.0583	1687.15	1855.25	1866.05
	25	6263.15	1837.79	1821.90	0.0596	1716.28	1879.24	1895.13
	30	6379.07	1861.48	1836.04	0.0606	1748.11	1896.05	1921.49
	35	6525.74	1891.68	1854.92	0.0619	1783.48	1918.36	1955.12
	40	6711.81	1929.46	1880.51	0.0636	1822.21	1948.35	1997.30
	45	6950.02	1976.69	1915.18	0.0658	1863.20	1988.68	2050.18

**Tabla 14. Cantidad de aceros Viga 3 – Caso A sin riostra**

		ACEROS VIGA 3	
		1.3D+2.171(L+I)	
		Aceros (cm <sup>2</sup> )	As/S (cm)
		Flexión	Cortante
ESVIAJE	0	127.43	0.41
	10	128.45	0.41
	20	129.94	0.42
	25	133.28	0.43
	30	135.88	0.43
	35	139.17	0.45
	40	143.36	0.46
	45	148.75	0.48

**Tabla 15. Fuerzas internas Viga 4 - Caso A sin riostra**

		VIGA 4						
		1.3D+2.171(L+I)						
		Momento Mu (KN-m)	Cortante Vu <sub>max</sub> (KN)		Deformaciones (m)	Torsor (KN-m)	Reacción (KN)	
			+	-			Fijo	Móvil
ESVIAJE	0	4764.98	1055.28	1055.28	0.0467	1287.94	1120.61	1120.61
	10	4801.86	1053.03	1067.42	0.0468	1309.90	1133.53	1119.13
	20	4821.89	1050.91	1076.94	0.0467	1340.86	1145.47	1119.44
	25	4937.45	1072.01	1103.54	0.0478	1360.88	1174.02	1142.49
	30	5009.97	1086.00	1120.83	0.0484	1382.65	1193.86	1159.04
	35	5100.56	1104.98	1141.17	0.0492	1406.65	1217.48	1181.29
	40	5214.90	1130.23	1165.29	0.0502	1432.80	1245.83	1210.77
	45	5340.24	1161.12	1191.65	0.0513	1459.42	1277.60	1247.07

**Tabla 16. Cantidad de aceros Viga 4 – Caso A sin riostra**

		ACEROS VIGA 4	
		1.3D+2.171(L+I)	
		Aceros (cm <sup>2</sup> )	As/S (cm)
		Flexión	Cortante
ESVIAJE	0	100.17	0.21
	10	100.97	0.21
	20	101.41	0.21
	25	103.94	0.22
	30	105.52	0.23
	35	107.51	0.24
	40	110.02	0.25
	45	112.78	0.26

## 2. CASO B

Puente con vigas exteriores de ancho igual a 30 cm e interiores de ancho 45 cm.

- **Puente modelado Con riostra.**

El modelamiento de la estructura por medio del programa SAP 2000, arrojo los resultados mostrados a continuación para cada una de las vigas.

Las vigas 1 y 4 corresponden a las vigas exteriores y las vigas 2 y 3 son las interiores.

**Tabla 17. Fuerzas internas Viga 1 - Caso B con riostra.**

		VIGA 1						
		1.3D+2.171(L+l)						
		Momento Mu (KN.m)	Cortante Vumax (KN)		Deformaciones (m)	Torsor (KN.m)	Reacción (KN)	
			+	-			Fijo	Móvil
ESVIAJE	0	4565.40	967.51	967.51	0.057	1152.51	1032.84	1032.84
	10	4594.66	977.80	967.56	0.0573	1167.89	1033.66	1044.00
	20	4670.89	998.41	979.64	0.0582	1191.40	1048.17	1066.94
	25	4728.10	1012.72	990.68	0.060	1206.55	1061.16	1083.20
	30	4803.00	1030.41	1006.23	0.0598	1224.11	1079.27	1103.45
	35	4898.88	1052.05	1027.14	0.0610	1244.30	1103.50	1128.37
	40	5018.72	1077.91	1054.11	0.0626	1267.31	1134.65	1158.50
	45	5175.87	1111.28	1090.83	0.0645	1296.90	1176.80	1197.24

**Tabla 18. Cantidad de aceros Viga 1 – Caso B con riostra.**

		ACEROS VIGA 1	
		1.3D+2.171(L+I)	
		Aceros (cm <sup>2</sup> )	As/S (cm)
		Flexión	Cortante
ESVIAJE	0	99.8	0.1316
	10	99.8	0.1344
	20	99.8	0.1388
	25	99.8	0.1419
	30	101	0.1451
	35	103.10	0.1503
	40	105.70	0.1549
	45	109.20	0.1618

**Tabla 19. Fuerzas internas viga 2 - Caso B con riostra.**

		VIGA 2						
		1.3D+2.171(L+I)						
		Momento Mu (KN.m)	Cortante Vumax (KN)		Deformaciones (m)	Torsor (KN.m)	Reacción (KN)	
			+	-			Fijo	Móvil
ESVIAJE	0	6785.55	1827.24	1827.24	0.0627	1633.49	1879.21	1879.21
	10	6820.20	1831.42	1831.94	0.0630	1666.53	1884.73	1884.20
	20	6931.71	1845.95	1847.57	0.0640	1710.91	1902.87	1901.25
	25	7013.91	1857.11	1859.60	0.0648	1747.50	1916.94	1914.50
	30	7120.81	1872.76	1876.42	0.0659	1791.20	1936.42	1932.80
	35	7257.92	1893.85	1900.10	0.0672	1839.13	1963.54	1957.30
	40	7427.85	1920.18	1941.42	0.0690	1891.49	2009.26	1988.02
	45	7646.54	1955.33	1995.10	0.0712	1947.49	2068.60	2028.83

**Tabla 20. Cantidad de Aceros Viga 2 – Caso B con riostra.**

		ACEROS VIGA 2	
		1.3D+2.171(L+I)	
		Aceros (cm <sup>2</sup> )	As/S (cm)
		Flexión	Cortante
ESVIAJE	0	145	0.24
	10	145.8	0.24
	20	148.3	0.25
	25	150.2	0.25
	30	152.6	0.254
	35	155.7	0.26
	40	159.6	0.27
	45	164.6	0.29

**Tabla 21. Fuerzas internas viga 3 - Caso B con riostra.**

		VIGA 3						
		1.3D+2.171(L+I)						
		Momento Mu (KN.m)	Cortante Vumax (KN)		Deformaciones (m)	Torsor (KN.m)	Reacción (KN)	
			+	-			Fijo	Móvil
ESVIAJE	0	6785.55	1827.24	1827.24	0.0627	1633.49	1879.21	1879.21
	10	6822.00	1832.50	1831.94	0.0630	1666.52	1884.73	1885.30
	20	6931.70	1847.56	1845.94	0.0640	1710.91	1901.20	1902.87
	25	7015.53	1860.10	1857.60	0.0648	1747.50	1914.94	1917.40
	30	7122.40	1876.90	1873.24	0.0659	1791.16	1933.24	1936.91
	35	7257.83	1900.10	1893.84	0.0672	1839.16	1957.30	1963.50
	40	7429.50	1941.85	1920.62	0.0690	1891.51	1988.50	2009.70
	45	7647.70	1994.58	1954.20	0.0712	1946.88	2027.70	2068.08

**Tabla 22. Cantidad de Aceros Viga 3 – Caso B con riostra.**

		ACEROS VIGA 3	
		1.3D+2.171(L+I)	
		Aceros (cm <sup>2</sup> )	As/S (cm)
		Flexión	Cortante
ESVIAJE	0	145	0.25
	10	145.90	0.25
	20	148.30	0.25
	25	150.20	0.25
	30	152.70	0.26
	35	155.70	0.26
	40	159.70	0.27
	45	164.70	0.29

**Tabla 23. Fuerzas internas viga 4 - Caso B con riostra.**

		VIGA 4						
		1.3D+2.171(L+I)						
		Momento Mu (KN.m)	Cortante Vumax (KN)		Deformaciones (m)	Torsor (KN.m)	Reacción (KN)	
			+	-			Fijo	Móvil
ESVIAJE	0	4566.30	967.58	967.58	0.057	1152.47	1032.84	1032.84
	10	4595.61	967.78	977.95	0.0573	1167.86	1033.02	1033.02
	20	4670.80	976.63	998.44	0.0582	1191.40	1066.97	1048.16
	25	4728.93	990.87	1012.88	0.06	1206.52	1083.36	1061.35
	30	4803.79	1006.42	1030.57	0.0598	1224.08	1103.60	1079.50
	35	4898.70	1027.11	1051.98	0.0610	1244.24	1128.30	1103.40
	40	5019.66	1054.35	1078.10	0.0625	1267.34	1158.60	1134.90
	45	5146.88	1087.24	1110.41	0.0642	1322.05	1196.40	1173.19

**Tabla 24. Cantidad de Aceros Viga 4 – Caso B con riostra.**

		ACEROS VIGA 4	
		1.3D+2.171(L+I)	
		Aceros (cm <sup>2</sup> )	As/S (cm)
		Flexión	Cortante
ESVIAJE	0	99.8	0.13
	10	99.8	0.13
	20	99.8	0.14
	25	99.8	0.14
	30	101	0.15
	35	103.1	0.15
	40	105.7	0.16
	45	108.5	0.16

- **Puente modelado Sin riostra.**

El Modelamiento de la estructura por medio del programa SAP 2000, arrojo los resultados mostrados a continuación para cada una de las vigas del caso B cuando el puente no tiene riostra.

**Tabla 25. Fuerzas internas viga 1 – Caso B sin riostra.**

		VIGA 1						
		1.3D+2.171(L+I)						
		Momento Mu (KN.m)	Cortante Vumax (KN)		Deformaciones (m)	Torsor (KN.m)	Reacción (KN)	
			+	-			Fijo	Móvil
ESVIAJE	0	4233.76	955.32	955.32	0.0546	1160.15	1020.59	1020.59
	10	4262.48	965.31	955.89	0.0548	1175.59	1021.99	1031.41
	20	4345.92	984.93	967.80	0.0555	1199.35	1036.30	1053.50
	25	4408.20	998.54	978.48	0.0563	1214.78	1048.96	1069.02
	30	4487.61	1015.42	993.55	0.0571	1232.79	1066.58	1088.46
	35	4587.53	1036.09	1013.78	0.0581	1253.64	1090.10	1112.40
	40	4710.39	1060.72	1039.76	0.0596	1277.58	1120.30	1141.26
	45	4866.43	1092.96	1074.50	0.0613	1309.82	1160.44	1178.91

Tabla 26. Cantidad de aceros viga 1 – Caso B sin riostra.

		ACEROS VIGA 1	
		1.3D+2.171(L+I)	
		Aceros (cm <sup>2</sup> )	As/S (cm)
		Flexión	Cortante
ESVIAJE	0	99.8	0.13
	10	99.8	0.13
	20	99.8	0.14
	25	99.8	0.14
	30	99.8	0.14
	35	99.8	0.15
	40	99.80	0.15
	45	102.40	0.16

Tabla 27. Fuerzas internas viga 2 - Caso B sin riostra.

		VIGA 2						
		1.3D+2.171(L+I)						
		Momento Mu (KN.m)	Cortante Vumax (KN)		Deformaciones (m)	Torsor (KN.m)	Reacción (KN)	
			+	-			Fijo	Móvil
ESVIAJE	0	6251.31	1815.47	1815.47	0.0598	1630.35	1867.50	1867.50
	10	6287.14	1818.86	1820.40	0.0601	1663.84	1875.13	1872.62
	20	6397.69	1833.74	1835.34	0.0609	1708.10	1890.64	1889.04
	25	6479.50	1844.24	1846.74	0.0617	1735.07	1904.10	1901.58
	30	6587.73	1859.00	1862.70	0.0627	1765.58	1922.70	1919.01
	35	6734.20	1878.90	1885.00	0.0639	1799.81	1948.50	1942.30
	40	6914.61	1903.50	1924.10	0.0655	1837.65	1991.92	1971.34
	45	7149.34	1936.27	1974.95	0.0676	1878.69	2048.45	2009.80

**Tabla 28. Cantidad de aceros viga 2 – Caso B sin riostra.**

		ACEROS VIGA 2	
		1.3D+2.171(L+l)	
		Aceros (cm <sup>2</sup> )	As/S (cm)
		Flexión	Cortante
ESVIAJE	0	133	0.24
	10	133.8	0.24
	20	136.6	0.25
	25	138.1	0.25
	30	140.6	0.25
	35	143.9	0.26
	40	147.9	0.26
	45	153.3	0.28

**Tabla 29. Fuerzas internas viga 3 – Caso B sin riostra.**

		VIGA 3						
		1.3D+2.171(L+l)						
		Momento Mu (KN.m)	Cortante Vumax (KN)		Deformaciones (m)	Torsor (KN.m)	Reacción (KN)	
			+	-			Fijo	Móvil
ESVIAJE	0	6270.10	1818.18	1818.18	0.0599	1633.09	1870.30	1870.30
	10	6288.93	1820.95	1820.40	0.0600	1663.83	1873.17	1873.72
	20	6397.68	1835.34	1833.73	0.0609	1708.10	1889.04	1890.64
	25	6481.25	1847.25	1844.75	0.0617	1735.05	1902.10	1904.60
	30	6589.46	1859.50	1863.20	0.0626	1765.56	1919.50	1923.21
	35	6734.30	1884.97	1878.86	0.0639	1799.76	1942.30	1948.41
	40	6916.34	1924.54	1904.00	0.0655	1837.68	1971.81	1992.38
	45	7147.34	1974.30	1936.52	0.0676	1878.30	2012.02	2047.76

**Tabla 30. Cantidad de aceros viga 3 – Caso B sin riostra.**

		ACEROS VIGA 3	
		1.3D+2.171(L+I)	
		Aceros (cm <sup>2</sup> )	As/S (cm)
		Flexión	Cortante
<b>ESVIAJE</b>	<b>0</b>	133	0.24
	<b>10</b>	133.90	0.24
	<b>20</b>	136.30	0.25
	<b>25</b>	138.20	0.25
	<b>30</b>	140.00	0.25
	<b>35</b>	143.90	0.26
	<b>40</b>	148.00	0.27
	<b>45</b>	153.20	0.28

**Tabla 31. Fuerzas internas viga 4 – Caso B sin riostra.**

		VIGA 4						
		1.3D+2.171(L+I)						
		Momento Mu (KN.m)	Cortante Vumax (KN)		Deformaciones (m)	Torsor (KN.m)	Reacción (KN)	
			+	-			Fijo	Móvil
<b>ESVIAJE</b>	<b>0</b>	4262.85	960.93	960.93	0.0550	1161.70	1027.30	1027.30
	<b>10</b>	4259.21	956.13	965.47	0.0548	1175.56	1031.58	1022.20
	<b>20</b>	4345.93	967.76	984.96	0.0556	1199.34	1053.50	1036.30
	<b>25</b>	4409.11	978.68	998.72	0.0562	1214.75	1069.20	1049.17
	<b>30</b>	4488.50	993.75	1015.59	0.0570	1232.76	1088.63	1076.80
	<b>35</b>	4587.34	1013.75	1036.00	0.0581	1253.58	1112.40	1090.10
	<b>40</b>	4711.42	1040.00	1060.92	0.0595	1277.62	1141.46	1120.55
	<b>45</b>	4848.24	1072.07	1089.08	0.0612	1304.00	1175.03	1158.03

**Tabla 32. Cantidad de aceros viga 4 – Caso B sin riostra.**

		ACEROS VIGA 4	
		1.3D+2.171(L+I)	
		Aceros (cm <sup>2</sup> )	As/S (cm)
		Flexión	Cortante
ESVIAJE	0	99.8	0.13
	10	99.8	0.13
	20	99.8	0.14
	25	99.8	0.14
	30	99.8	0.14
	35	99.8	0.15
	40	99.8	0.15
	45	102	0.17

### 3. COMPARACION PUENTE CON Y SIN RIOSTRA

- **Caso A**

Las siguientes tablas muestran los valores tanto de las fuerzas internas como de las cantidades de aceros para cada una de las vigas cuando el puente tiene riostra y cuando carece de ella, para el caso A (vigas exteriores e interiores de 45 cm).

**Tabla 33. Momentos máximos Mu en vigas con y sin riostra – Caso A.**

CASO DE DISEÑO								
MOMENTO Mu (KN-m)								
esviaje	VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra
0	5083.34	4770.10	6574.37	5999.54	6576.11	6001.39	5084.07	4764.98
10	5110.12	4801.01	6625.21	6044.42	6626.95	6047.29	5110.93	4801.86
20	5174.66	4821.88	6729.23	6113.77	6734.73	6113.76	5180.40	4821.89
25	5233.33	4936.68	6827.23	6261.33	6828.91	6263.15	5234.03	4937.45
30	5302.42	5009.21	6937.99	6377.28	6939.64	6379.07	5303.11	5009.97
35	5391.04	5100.72	7078.20	6525.81	7075.90	6525.74	5388.68	5100.56
40	5502.23	5214.02	7257.21	6710.00	7258.86	6711.81	5503.03	5214.90
45	5647.66	5359.31	7488.05	6951.52	7487.34	6950.02	5621.15	5340.24

**Tabla 34. Momentos torsionales en vigas con y sin riostra – Caso A.**

CASO DE DISEÑO								
Momentos torsor (KN-m)								
esviaje	VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra
0	1270.25	1287.97	1611.05	1608.74	1611.05	1608.73	1270.22	1287.94
10	1292.39	1309.93	1644.22	1641.67	1644.21	1641.67	1292.36	1309.90
20	1323.87	1340.87	1701.35	1687.15	1701.80	1687.15	1324.00	1340.86
25	1342.93	1360.92	1741.31	1716.28	1741.29	1716.28	1342.90	1360.88
30	1364.28	1382.69	1784.49	1748.13	1784.46	1748.11	1364.25	1382.65
35	1387.75	1406.71	1831.11	1783.54	1831.14	1783.48	1387.74	1406.65
40	1412.96	1432.77	1881.50	1822.19	1881.52	1822.21	1412.99	1432.80
45	1441.57	1462.95	1934.08	1863.57	1933.69	1863.20	1438.22	1459.42

**Tabla 35. Cortantes positivos máximos en vigas con y sin riostra – Caso A.**

CASO DE DISEÑO								
Cortantes positivos máximos Vu (KN)								
esviaje	VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra
0	1065.23	1055.11	1808.93	1797.31	1809.49	1797.89	1065.38	1055.28
10	1077.99	1067.28	1811.27	1799.30	1816.81	1804.94	1062.97	1053.03
20	1099.44	1076.91	1815.49	1799.95	1833.53	1810.75	1072.75	1050.91
25	1115.80	1103.39	1834.92	1821.36	1849.89	1837.79	1082.64	1072.01
30	1133.92	1120.68	1850.06	1835.52	1874.63	1861.48	1097.20	1086.00
35	1155.59	1141.23	1870.11	1854.93	1894.29	1891.68	1116.66	1104.98
40	1180.58	1165.12	1898.03	1880.02	1946.65	1929.46	1143.28	1130.23
45	1211.32	1194.53	1935.53	1915.15	1996.79	1976.69	1174.89	1161.12

**Tabla 36. Cortantes negativos máximos en vigas con y sin riostra – Caso A.**

CASO DE DISEÑO								
Cortantes negativos máximos Vu (KN)								
esviaje	VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra
0	1065.23	1055.11	1808.93	1797.31	1809.49	1797.89	1065.38	1055.28
10	1062.77	1052.82	1816.20	1804.36	1811.82	1799.88	1078.12	1067.42
20	1072.01	1050.93	1833.89	1810.75	1823.19	1799.94	1100.95	1076.94
25	1082.47	1071.83	1849.36	1837.25	1835.44	1821.90	1115.94	1103.54
30	1097.02	1085.82	1874.12	1860.96	1850.56	1836.04	1134.06	1120.83
35	1117.04	1105.00	1906.32	1891.67	1870.41	1854.92	1155.11	1141.17
40	1143.08	1130.01	1946.21	1929.00	1898.50	1880.51	1180.74	1165.29
45	1178.32	1163.47	1997.07	1977.04	1935.54	1915.18	1207.87	1191.65

**Tabla 37. Deformaciones en vigas con y sin riostra – Caso A.**

CASO DE DISEÑO								
Deformaciones (m)								
esviaje	VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra
0	0.0485	0.0467	0.0607	0.0575	0.0606	0.0575	0.0484	0.0467
10	0.0487	0.0468	0.0611	0.0579	0.0611	0.0579	0.0486	0.0468
20	0.0492	0.0467	0.0620	0.0583	0.0621	0.0583	0.0492	0.0467
25	0.0498	0.0478	0.0630	0.0597	0.0630	0.0596	0.0498	0.0478
30	0.0504	0.0484	0.0641	0.0607	0.0641	0.0606	0.0504	0.0484
35	0.0512	0.0492	0.0655	0.0619	0.0654	0.0619	0.0512	0.0492
40	0.0524	0.0502	0.0674	0.0636	0.0673	0.0636	0.0523	0.0502
45	0.0537	0.0515	0.0697	0.0658	0.0697	0.0658	0.0535	0.0513

**Tabla 38. Reacción apoyo fijo en vigas con y sin riostra – Caso A.**

CASO DE DISEÑO								
Reacción apoyo fijo (KN)								
esviaje	VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra
0	1130.56	1120.45	1860.90	1849.28	1861.46	1849.85	1130.72	1120.61
10	1128.87	1118.92	1868.97	1857.13	1864.59	1852.65	1144.22	1133.53
20	1140.54	1119.46	1889.20	1866.05	1878.49	1855.25	1169.48	1145.47
25	1152.95	1142.31	1906.70	1894.59	1892.78	1879.24	1186.42	1174.02
30	1170.06	1158.86	1934.13	1920.97	1910.57	1896.05	1207.09	1193.86
35	1193.36	1181.32	1969.76	1955.11	1933.85	1918.36	1231.43	1217.48
40	1223.61	1210.55	2014.04	1996.83	1966.34	1948.35	1261.28	1245.83
45	1264.27	1249.42	2070.57	2050.53	2009.03	1988.68	1293.82	1277.60

**Tabla 39. Reacción apoyo móvil en vigas con y sin riostra – Caso A.**

CASO DE DISEÑO								
Reacción apoyo movil (KN)								
esviaje	VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra
0	1130.56	1120.45	1860.90	1849.28	1861.46	1849.86	1130.72	1120.61
10	1144.09	1133.38	1864.04	1852.07	1869.58	1857.71	1129.07	1119.13
20	1167.97	1145.44	1870.79	1855.25	1888.84	1866.05	1141.28	1119.44
25	1186.29	1173.87	1892.26	1878.70	1907.23	1895.13	1153.12	1142.49
30	1206.96	1193.72	1910.07	1895.52	1934.63	1921.49	1170.23	1159.04
35	1231.91	1217.56	1933.55	1918.37	1957.73	1955.12	1192.98	1181.29
40	1261.12	1245.65	1965.86	1947.85	2014.49	1997.30	1223.82	1210.77
45	1297.27	1280.48	2009.03	1988.64	2070.28	2050.18	1260.84	1247.07

**Tabla 40. Acero longitudinal en vigas con y sin riostra – Caso A.**

CASO DE DISEÑO								
Acero por flexión (cm <sup>2</sup> )								
	VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
esviaje	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra
0	107.10	100.27	140.26	127.39	140.30	127.43	107.15	100.17
10	107.10	100.95	141.41	128.39	141.45	128.45	107.74	100.97
20	109.10	101.41	143.76	129.94	143.88	129.94	109.26	101.41
25	110.40	103.92	145.97	133.24	146.01	133.28	110.44	103.94
30	111.90	105.50	148.48	135.84	148.51	135.88	111.96	105.52
35	113.90	107.51	151.66	139.17	151.60	139.17	113.85	107.51
40	116.40	110.00	155.73	143.32	155.77	143.36	116.37	110.02
45	119.60	113.20	161.00	148.78	160.98	148.75	118.99	112.78

**Tabla 41. Relación entre la separación y el refuerzo a Cortante en vigas – Caso A.**

CASO DE DISEÑO								
Acero por cortante As/S (cm)								
	VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
esviaje	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra
0	0.12	0.21	0.24	0.40	0.24	0.41	0.12	0.21
10	0.13	0.21	0.24	0.40	0.24	0.41	0.13	0.21
20	0.13	0.21	0.25	0.42	0.25	0.42	0.13	0.21
25	0.13	0.22	0.25	0.42	0.25	0.43	0.13	0.22
30	0.14	0.23	0.25	0.43	0.26	0.43	0.14	0.23
35	0.14	0.24	0.26	0.45	0.26	0.45	0.14	0.24
40	0.15	0.25	0.27	0.45	0.28	0.46	0.15	0.25
45	0.15	0.26	0.29	0.48	0.29	0.48	0.15	0.26

- Caso B

**Tabla 42. Momentos máximos Mu en vigas con y sin riostra – Caso B.**

CASO DE DISEÑO								
MOMENTO Mu (KN-m)								
Esviaje	VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra
0	4565.40	4233.76	6785.55	6251.31	6785.55	6270.10	4566.30	4262.85
10	4594.66	4262.48	6820.20	6287.14	6822.00	6288.93	4595.61	4259.21
20	4670.89	4345.92	6931.71	6397.69	6931.70	6397.68	4670.80	4345.93
25	4728.10	4408.20	7013.91	6479.50	7015.53	6481.25	4728.93	4409.11
30	4803.00	4487.61	7120.81	6587.73	7122.40	6589.46	4803.79	4488.50
35	4898.88	4587.53	7257.92	6734.20	7257.83	6734.30	4898.70	4587.34
40	5018.72	4710.39	7427.85	6914.61	7429.50	6916.34	5019.66	4711.42
45	5175.87	4866.43	7646.54	7149.34	7647.70	7147.34	5146.88	4848.24

**Tabla 43. Momentos torsionales en vigas con y sin riostra – Caso B.**

CASO DE DISEÑO								
Momentos torsor (KN-m)								
esviaje	VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra
0	1152.51	1160.15	1683.49	1630.35	1633.49	1633.09	1152.47	1161.70
10	1167.89	1175.59	1666.53	1663.84	1666.52	1663.83	1167.86	1175.56
20	1191.40	1199.35	1710.91	1708.10	1710.91	1708.10	1191.40	1199.34
25	1206.55	1214.78	1747.50	1735.07	1747.50	1735.05	1206.52	1214.75
30	1224.11	1232.79	1791.20	1765.58	1791.16	1765.56	1224.08	1232.76
35	1244.30	1253.64	1839.13	1799.81	1839.16	1799.76	1244.24	1253.58
40	1267.31	1277.58	1891.49	1837.65	1891.51	1837.68	1267.34	1277.62
45	1296.90	1309.82	1947.49	1878.69	1946.88	1878.30	1322.05	1304.00

**Tabla 44. Cortantes positivos máximos en vigas con y sin riostra – Caso B.**

CASO DE DISEÑO								
Cortantes positivos máximos Vu (KN)								
	VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
esviaje	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra
0	967.51	955.32	1827.24	1815.47	1827.24	1818.18	967.58	960.93
10	977.80	965.31	1831.42	1818.86	1832.50	1820.95	967.78	956.13
20	998.41	984.93	1845.95	1833.74	1847.56	1835.34	976.63	967.76
25	1012.72	998.54	1857.11	1844.24	1860.10	1847.25	990.87	978.68
30	1030.41	1015.42	1872.76	1859.00	1876.90	1859.50	1006.42	993.75
35	1052.05	1036.09	1893.85	1878.90	1900.10	1884.97	1027.11	1013.75
40	1077.91	1060.72	1920.18	1903.50	1941.85	1924.54	1054.35	1040.00
45	1111.28	1092.96	1955.33	1936.27	1994.58	1974.30	1087.24	1072.07

**Tabla 45. Cortantes negativos máximos en vigas con y sin riostra – Caso B.**

CASO DE DISEÑO								
Cortantes negativos máximos Vu (KN)								
	VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
esviaje	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra
0	967.51	955.32	1827.24	1815.47	1827.24	1818.18	967.58	960.93
10	967.56	955.89	1831.94	1820.40	1831.94	1820.40	977.95	965.47
20	979.64	967.80	1847.57	1835.34	1845.94	1833.73	998.44	984.96
25	990.68	978.48	1859.60	1846.74	1857.60	1844.75	1012.88	998.72
30	1006.23	993.55	1876.42	1862.70	1873.24	1863.20	1030.57	1015.59
35	1027.14	1013.78	1900.10	1885.00	1893.84	1878.86	1051.98	1036.00
40	1054.11	1039.76	1941.42	1924.10	1920.62	1904.00	1078.10	1060.92
45	1090.83	1074.50	1995.10	1974.95	1954.20	1936.52	1110.41	1089.08

**Tabla 46. Deformaciones en vigas con y sin riostra – Caso B.**

CASO DE DISEÑO								
Deformaciones (m)								
	VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
esviaje	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra
0	0.057	0.0546	0.0627	0.0598	0.0627	0.0599	0.057	0.0550
10	0.0573	0.0548	0.0630	0.0601	0.0630	0.0600	0.0573	0.0548
20	0.0582	0.0555	0.0640	0.0609	0.0640	0.0609	0.0582	0.0556
25	0.06	0.0563	0.0648	0.0617	0.0648	0.0617	0.06	0.0562
30	0.0598	0.0571	0.0659	0.0627	0.0659	0.0626	0.0598	0.0570
35	0.0610	0.0581	0.0672	0.0639	0.0672	0.0639	0.0610	0.0581
40	0.0626	0.0596	0.0690	0.0655	0.0690	0.0655	0.0625	0.0595
45	0.0645	0.0613	0.0712	0.0676	0.0712	0.0676	0.0642	0.0612

**Tabla 47. Reacción apoyo fijo en vigas con y sin riostra – Caso B.**

CASO DE DISEÑO								
Reacción apoyo fijo (KN)								
	VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
esviaje	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra
0	1032.84	1020.59	1879.21	1867.50	1879.21	1870.30	1032.84	1027.30
10	1033.66	1021.99	1884.73	1875.13	1884.73	1873.17	1033.02	1031.58
20	1048.17	1036.30	1902.87	1890.64	1901.20	1889.04	1066.97	1053.50
25	1061.16	1048.96	1916.94	1904.10	1914.94	1902.10	1083.36	1069.20
30	1079.27	1066.58	1936.42	1922.70	1933.24	1919.50	1103.60	1088.63
35	1103.50	1090.10	1963.54	1948.50	1957.30	1942.30	1128.30	1112.40
40	1134.65	1120.30	2009.26	1991.92	1988.50	1971.81	1158.60	1141.46
45	1176.80	1160.44	2068.60	2048.45	2027.70	2012.02	1196.40	1175.03

**Tabla 48. Reacción apoyo móvil en vigas con y sin riostra – Caso B.**

CASO DE DISEÑO								
Reacción apoyo móvil (KN)								
	VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
esviaje	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra
0	1032.84	1020.59	1879.21	1867.50	1879.21	1870.30	1032.84	1027.30
10	1044.00	1031.41	1884.20	1872.62	1885.30	1873.72	1033.02	1022.20
20	1066.94	1053.50	1901.25	1889.04	1902.87	1890.64	1048.16	1036.30
25	1083.20	1069.02	1914.50	1901.58	1917.40	1904.60	1061.35	1049.17
30	1103.45	1088.46	1932.80	1919.01	1936.91	1923.21	1079.50	1076.80
35	1128.37	1112.40	1957.30	1942.30	1963.50	1948.41	1103.40	1090.10
40	1158.50	1141.26	1988.02	1971.34	2009.70	1992.38	1134.90	1120.55
45	1197.24	1178.91	2028.83	2009.80	2068.08	2047.76	1173.19	1158.03

**Tabla 49. Acero longitudinal en vigas con y sin riostra – Caso B.**

CASO DE DISEÑO								
Acero por flexión (cm <sup>2</sup> )								
	VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
esviaje	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra
0	99.80	99.80	145.00	133.00	145.00	133.00	99.80	99.80
10	99.80	99.80	145.80	133.80	145.90	133.90	99.80	99.80
20	99.80	99.80	148.30	136.60	148.30	136.30	99.80	99.80
25	99.80	99.80	150.20	138.10	150.20	138.20	99.80	99.80
30	101.00	99.80	152.60	140.60	152.70	140.00	101.00	99.80
35	103.10	99.80	155.70	143.90	155.70	143.90	103.10	99.80
40	105.70	99.80	159.60	147.90	159.70	148.00	105.70	99.80
45	109.20	102.40	164.60	153.30	164.70	153.20	108.50	102.00

**Tabla 50. Relación entre la separación y el refuerzo a Cortante en vigas – Caso B.**

CASO DE DISEÑO								
Acero por cortante As/S (cm)								
esviaje	VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra	Con riostra	Sin riostra
0	0.13	0.13	0.24	0.24	0.25	0.24	0.13	0.13
10	0.13	0.13	0.24	0.24	0.25	0.24	0.13	0.13
20	0.14	0.14	0.25	0.25	0.25	0.25	0.14	0.14
25	0.14	0.14	0.25	0.25	0.25	0.25	0.14	0.14
30	0.15	0.14	0.25	0.25	0.26	0.25	0.15	0.14
35	0.15	0.15	0.26	0.26	0.26	0.26	0.15	0.15
40	0.15	0.15	0.27	0.26	0.27	0.27	0.16	0.15
45	0.16	0.16	0.29	0.28	0.29	0.28	0.16	0.17

#### 4. COMPARACIÓN CASOS A y B.

- Casos A y B con riostra.

**Tabla 51. Comparación de momentos máximos entre vigas – Caso A y B con riostra.**

PUENTE CON RIOSTRA -CASO DE DISEÑO									
Momentos Mu (Kn-m)									
	ESVIAJE	VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
		CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B
		0	5083.34	4565.40	6574.37	6785.55	6576.11	6785.55	5084.07
10	5110.12	4594.66	6625.21	6820.20	6626.95	6822.0000	5110.93	4595.61	
20	5174.66	4670.89	6729.23	6931.71	6734.73	6931.7000	5180.40	4670.80	
25	5233.33	4728.10	6827.23	7013.91	6828.91	7015.53	5234.03	4728.93	
30	5302.42	4803.00	6937.99	7120.81	6939.64	7122.4000	5303.11	4803.79	
35	5391.04	4898.88	7078.20	7257.92	7075.90	7257.8300	5388.68	4898.70	
40	5502.23	5018.72	7257.21	7427.85	7258.86	7429.5000	5503.03	5019.66	
45	5647.66	5175.87	7488.05	7646.54	7487.34	7647.7000	5621.15	5146.88	

**Tabla 52. Comparación de momento torsor entre vigas - Caso A y B con riostra**

		PUENTE CON RIOSTRA -CASO DE DISEÑO							
		Momento Torsor (Kn-m)							
		VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
		CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B
ESVIAJE	0	1270.25	1152.51	1611.05	1633.49	1611.05	1633.49	1270.22	1152.47
	10	1292.39	1167.89	1644.22	1666.53	1644.21	1666.52	1292.36	1167.86
	20	1323.87	1191.40	1701.35	1710.91	1701.80	1710.91	1324.00	1191.40
	25	1342.93	1206.55	1741.31	1747.50	1741.29	1747.50	1342.90	1206.52
	30	1364.28	1224.11	1784.49	1791.20	1784.46	1791.16	1364.25	1224.08
	35	1387.75	1244.30	1831.11	1839.13	1831.14	1839.16	1387.74	1244.24
	40	1412.96	1267.31	1881.50	1891.49	1881.52	1891.51	1412.99	1267.34
	45	1441.57	1296.90	1934.08	1947.49	1933.69	1946.88	1438.22	1322.05

**Tabla 53. Comparación de cortante máximos positivo entre vigas - Caso A y B con riostra**

		PUENTE CON RIOSTRA -CASO DE DISEÑO							
		Cortantes positivos máximos Vu (Kn)							
		VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
		CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B
ESVIAJE	0	1065.23	967.51	1808.93	1827.24	1809.49	1827.24	1065.38	967.58
	10	1077.99	977.80	1811.27	1831.42	1816.81	1832.50	1062.97	967.78
	20	1099.44	998.41	1815.49	1845.95	1833.53	1847.56	1072.75	976.63
	25	1115.80	1012.72	1834.92	1857.11	1849.89	1860.10	1082.64	990.87
	30	1133.92	1030.41	1850.06	1872.76	1874.63	1876.90	1097.20	1006.42
	35	1155.59	1052.05	1870.11	1893.85	1894.29	1900.10	1116.66	1027.11
	40	1180.58	1077.91	1898.03	1920.18	1946.65	1941.85	1143.28	1054.35
	45	1211.32	1111.28	1935.53	1955.33	1996.79	1994.58	1174.89	1087.24

**Tabla 54. Comparación de Cortante máximos negativo entre vigas - Caso A y B con riostra**

		PUENTE CON RIOSTRA -CASO DE DISEÑO							
		Cortantes negativos máximos Vu(Kn)							
		VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
		CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B
ESVIAJE	0	1065.23	967.51	1808.93	1827.24	1809.49	1827.24	1065.38	967.58
	10	1062.77	967.56	1816.20	1831.94	1811.82	1831.94	1078.12	977.95
	20	1072.01	979.64	1833.89	1847.57	1823.19	1845.94	1100.95	998.44
	25	1082.47	990.68	1849.36	1859.60	1835.44	1857.60	1115.94	1012.88
	30	1097.02	1006.23	1874.12	1876.42	1850.56	1873.24	1134.06	1030.57
	35	1117.04	1027.14	1906.32	1900.10	1870.41	1893.84	1155.11	1051.98
	40	1143.08	1054.11	1946.21	1941.42	1898.50	1920.62	1180.74	1078.10
	45	1178.32	1090.83	1997.07	1995.10	1935.54	1954.20	1207.87	1110.41

**Tabla 55. Comparación de Deformaciones entre vigas - Caso A y B con riostra**

		PUENTE CON RIOSTRA -CASO DE DISEÑO							
		Deformaciones (m)							
		VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
		CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B
ESVIAJE	0	0.0485	0.057	0.0607	0.0627	0.0606	0.0627	0.0484	0.057
	10	0.0487	0.0573	0.0611	0.0630	0.0611	0.0630	0.0486	0.0573
	20	0.0492	0.0582	0.0620	0.0640	0.0621	0.0640	0.0492	0.0582
	25	0.0498	0.06	0.0630	0.0648	0.0630	0.0648	0.0498	0.06
	30	0.0504	0.0598	0.0641	0.0659	0.0641	0.0659	0.0504	0.0598
	35	0.0512	0.0610	0.0655	0.0672	0.0654	0.0672	0.0512	0.0610
	40	0.0524	0.0626	0.0674	0.0690	0.0673	0.0690	0.0523	0.0625
	45	0.0537	0.0645	0.0697	0.0712	0.0697	0.0712	0.0535	0.0642

**Tabla 56. Comparación de reacciones de los apoyos fijo entre vigas - Caso A y B con riostra**

		PUENTE CON RIOSTRA -CASO DE DISEÑO							
		Reacción apoyo fijo (Kn)							
		VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
		CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B
ESVIAJE	0	1130.56	1032.84	1860.90	1879.21	1861.46	1879.21	1130.72	1032.84
	10	1128.87	1033.66	1868.97	1884.73	1864.59	1884.73	1144.22	1033.02
	20	1140.54	1048.17	1889.20	1902.87	1878.49	1901.20	1169.48	1066.97
	25	1152.95	1061.16	1906.70	1916.94	1892.78	1914.94	1186.42	1083.36
	30	1170.06	1079.27	1934.13	1936.42	1910.57	1933.24	1207.09	1103.60
	35	1193.36	1103.50	1969.76	1963.54	1933.85	1957.30	1231.43	1128.30
	40	1223.61	1134.65	2014.04	2009.26	1966.34	1988.50	1261.28	1158.60
	45	1264.27	1176.80	2070.57	2068.60	2009.03	2027.70	1293.82	1196.40

**Tabla 57. Comparación de reacciones de los apoyos móviles entre vigas - Caso A y B con riostra**

		PUENTE CON RIOSTRA -CASO DE DISEÑO							
		Reacción apoyo móvil (Kn)							
		VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
		CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B
ESVIAJE	0	1130.56	1032.84	1860.90	1879.21	1861.46	1879.21	1130.72	1032.84
	10	1144.09	1044.00	1864.04	1884.20	1869.58	1885.30	1129.07	1033.02
	20	1167.97	1066.94	1870.79	1901.25	1888.84	1902.87	1141.28	1048.16
	25	1186.29	1083.20	1892.26	1914.50	1907.23	1917.40	1153.12	1061.35
	30	1206.96	1103.45	1910.07	1932.80	1934.63	1936.91	1170.23	1079.50
	35	1231.91	1128.37	1933.55	1957.30	1957.73	1963.50	1192.98	1103.40
	40	1261.12	1158.50	1965.86	1988.02	2014.49	2009.70	1223.82	1134.90
	45	1297.27	1197.24	2009.03	2028.83	2070.28	2068.08	1260.84	1173.19

**Tabla 58. Comparación de aceros a flexión entre vigas - Caso A y B con riostra**

		PUENTE CON RIOSTRA -CASO DE DISEÑO							
		Aceros por flexión (cm <sup>2</sup> )							
		VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
		CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B
ESVIAJE	0	107.10	99.8	140.26	145	140.30	145	107.15	99.8
	10	107.10	99.8	141.41	145.8	141.45	145.90	107.74	99.8
	20	109.10	99.8	143.76	148.3	143.88	148.30	109.26	99.8
	25	110.40	99.8	145.97	150.2	146.01	150.20	110.44	99.8
	30	111.90	101	148.48	152.6	148.51	152.70	111.96	101
	35	113.90	103.10	151.66	155.7	151.60	155.70	113.85	103.1
	40	116.40	105.70	155.73	159.6	155.77	159.70	116.37	105.7
	45	119.60	109.20	161.00	164.6	160.98	164.70	118.99	108.5

**Tabla 59. Comparación de la relación entre la separación y el refuerzo a cortante entre vigas- Caso A-B**

		PUENTE CON RIOSTRA -CASO DE DISEÑO							
		Acero por cortante As/s (cm)							
		VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
		CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B
ESVIAJE	0	0.12	0.13	0.24	0.24	0.24	0.25	0.12	0.13
	10	0.13	0.13	0.24	0.24	0.24	0.25	0.13	0.13
	20	0.13	0.14	0.25	0.25	0.25	0.25	0.13	0.14
	25	0.13	0.14	0.25	0.25	0.25	0.25	0.13	0.14
	30	0.14	0.15	0.25	0.254	0.26	0.26	0.14	0.15
	35	0.14	0.15	0.26	0.26	0.26	0.26	0.14	0.15
	40	0.15	0.15	0.27	0.27	0.28	0.27	0.15	0.16
	45	0.15	0.16	0.29	0.29	0.29	0.29	0.15	0.16

- Casos A y B sin riostra.

**Tabla 60. Comparación de momentos máximos entre vigas - Caso A y B sin riostra**

		PUENTE SIN RIOSTRA -CASO DE DISEÑO							
		Momentos Mu (Kn.m)							
		VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
		CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B
ESVIAJE	0	4770.10	4233.76	5999.54	6251.31	6001.39	6270.10	4764.98	4262.85
	10	4801.01	4262.48	6044.42	6287.14	6047.29	6288.93	4801.86	4259.21
	20	4821.88	4345.92	6113.77	6397.69	6113.76	6397.68	4821.89	4345.93
	25	4936.68	4408.20	6261.33	6479.50	6263.15	6481.25	4937.45	4409.11
	30	5009.21	4487.61	6377.28	6587.73	6379.07	6589.46	5009.97	4488.50
	35	5100.72	4587.53	6525.81	6734.20	6525.74	6734.30	5100.56	4587.34
	40	5214.02	4710.39	6710.00	6914.61	6711.81	6916.34	5214.90	4711.42
	45	5359.31	4866.43	6951.52	7149.34	6950.02	7147.34	5340.24	4848.24

**Tabla 61. Comparación de cortante máximos positivo entre vigas - Caso A y B sin riostra**

		PUENTE SIN RIOSTRA -CASO DE DISEÑO							
		Cortantes positivos máximos Vu (Kn)							
		VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
		CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B
ESVIAJE	0	1055.11	955.32	1797.31	1815.47	1797.89	1818.18	1055.28	960.93
	10	1067.28	965.31	1799.30	1818.86	1804.94	1820.95	1053.03	956.13
	20	1076.91	984.93	1799.95	1833.74	1810.75	1835.34	1050.91	967.76
	25	1103.39	998.54	1821.36	1844.24	1837.79	1847.25	1072.01	978.68
	30	1120.68	1015.42	1835.52	1859.00	1861.48	1859.50	1086.00	993.75
	35	1141.23	1036.09	1854.93	1878.90	1891.68	1884.97	1104.98	1013.75
	40	1165.12	1060.72	1880.02	1903.50	1929.46	1924.54	1130.23	1040.00
	45	1194.53	1092.96	1915.15	1936.27	1976.69	1974.30	1161.12	1072.07

**Tabla 62. Comparación de Cortante máximos negativo entre vigas - Caso A y B sin riostra**

		PUENTE SIN RIOSTRA -CASO DE DISEÑO							
		Cortantes negativos máximos Vu(Kn)							
		VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
		CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B
<b>ESVIAJE</b>	<b>0</b>	1055.11	955.32	1797.31	1815.47	1797.89	1818.18	1055.28	960.93
	<b>10</b>	1052.82	955.89	1804.36	1820.40	1799.88	1820.40	1067.42	965.47
	<b>20</b>	1050.93	967.80	1810.75	1835.34	1799.94	1833.73	1076.94	984.96
	<b>25</b>	1071.83	978.48	1837.25	1846.74	1821.90	1844.75	1103.54	998.72
	<b>30</b>	1085.82	993.55	1860.96	1862.70	1836.04	1863.20	1120.83	1015.59
	<b>35</b>	1105.00	1013.78	1891.67	1885.00	1854.92	1878.86	1141.17	1036.00
	<b>40</b>	1130.01	1039.76	1929.00	1924.10	1880.51	1904.00	1165.29	1060.92
	<b>45</b>	1163.47	1074.50	1977.04	1974.95	1915.18	1936.52	1191.65	1089.08

**Tabla 63. Comparación de deformaciones entre vigas - Caso A y B sin riostra**

		PUENTE SIN RIOSTRA -CASO DE DISEÑO							
		Deformaciones (m)							
		VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
		CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B
<b>ESVIAJE</b>	<b>0</b>	0.0467	0.0546	0.0575	0.0598	0.0575	0.0599	0.0467	0.0550
	<b>10</b>	0.0468	0.0548	0.0579	0.0601	0.0579	0.0600	0.0468	0.0548
	<b>20</b>	0.0467	0.0555	0.0583	0.0609	0.0583	0.0609	0.0467	0.0556
	<b>25</b>	0.0478	0.0563	0.0597	0.0617	0.0596	0.0617	0.0478	0.0562
	<b>30</b>	0.0484	0.0571	0.0607	0.0627	0.0606	0.0626	0.0484	0.0570
	<b>35</b>	0.0492	0.0581	0.0619	0.0639	0.0619	0.0639	0.0492	0.0581
	<b>40</b>	0.0502	0.0596	0.0636	0.0655	0.0636	0.0655	0.0502	0.0595
	<b>45</b>	0.0515	0.0613	0.0658	0.0676	0.0658	0.0676	0.0513	0.0612

**Tabla 64. Comparación de momento torsor entre vigas - Caso A y B sin riostra**

		PUENTE SIN RIOSTRA -CASO DE DISEÑO							
		Momento Torsor (Kn.m)							
		VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
		CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B
ESVIAJE	0	1287.97	1160.15	1608.74	1630.35	1608.73	1633.09	1287.94	1161.70
	10	1309.93	1175.59	1641.67	1663.84	1641.67	1663.83	1309.90	1175.56
	20	1340.87	1199.35	1687.15	1708.10	1687.15	1708.10	1340.86	1199.34
	25	1360.92	1214.78	1716.28	1735.07	1716.28	1735.05	1360.88	1214.75
	30	1382.69	1232.79	1748.13	1765.58	1748.11	1765.56	1382.65	1232.76
	35	1406.71	1253.64	1783.54	1799.81	1783.48	1799.76	1406.65	1253.58
	40	1432.77	1277.58	1822.19	1837.65	1822.21	1837.68	1432.80	1277.62
	45	1462.95	1309.82	1863.57	1878.69	1863.20	1878.30	1459.42	1304.00

**Tabla 65. Comparación de reacciones de los apoyos fijo entre vigas - Caso A y B sin riostra**

		PUENTE SIN RIOSTRA -CASO DE DISEÑO							
		Reacción apoyo fijo (Kn)							
		VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
		CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B
ESVIAJE	0	1120.45	1020.59	1849.28	1867.50	1849.85	1870.30	1120.61	1027.30
	10	1118.92	1021.99	1857.13	1875.13	1852.65	1873.17	1133.53	1031.58
	20	1119.46	1036.30	1866.05	1890.64	1855.25	1889.04	1145.47	1053.50
	25	1142.31	1048.96	1894.59	1904.10	1879.24	1902.10	1174.02	1069.20
	30	1158.86	1066.58	1920.97	1922.70	1896.05	1919.50	1193.86	1088.63
	35	1181.32	1090.10	1955.11	1948.50	1918.36	1942.30	1217.48	1112.40
	40	1210.55	1120.30	1996.83	1991.92	1948.35	1971.81	1245.83	1141.46
	45	1249.42	1160.44	2050.53	2048.45	1988.68	2012.02	1277.60	1175.03

**Tabla 66. Comparación de reacciones de los apoyos móviles entre vigas - Caso A y B sin riostra**

		PUENTE SIN RIOSTRA -CASO DE DISEÑO							
		Reacción apoyo móvil (Kn)							
		VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
		CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B
ESVIAJE	0	1120.45	1020.59	1849.28	1867.50	1849.86	1870.30	1120.61	1027.30
	10	1133.38	1031.41	1852.07	1872.62	1857.71	1873.72	1119.13	1022.20
	20	1145.44	1053.50	1855.25	1889.04	1866.05	1890.64	1119.44	1036.30
	25	1173.87	1069.02	1878.70	1901.58	1895.13	1904.60	1142.49	1049.17
	30	1193.72	1088.46	1895.52	1919.01	1921.49	1923.21	1159.04	1076.80
	35	1217.56	1112.40	1918.37	1942.30	1955.12	1948.41	1181.29	1090.10
	40	1245.65	1141.26	1947.85	1971.34	1997.30	1992.38	1210.77	1120.55
	45	1280.48	1178.91	1988.64	2009.80	2050.18	2047.76	1247.07	1158.03

**Tabla 67. Comparación de aceros a flexión entre vigas - Caso A y B sin riostra**

		PUENTE SIN RIOSTRA -CASO DE DISEÑO							
		Aceros por flexión (cm <sup>2</sup> )							
		VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
		CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B
ESVIAJE	0	100.27	99.8	127.39	133	127.43	133	100.17	99.8
	10	100.95	99.8	128.39	133.8	128.45	133.90	100.97	99.8
	20	101.41	99.8	129.94	136.6	129.94	136.30	101.41	99.8
	25	103.92	99.8	133.24	138.1	133.28	138.20	103.94	99.8
	30	105.50	99.8	135.84	140.6	135.88	140.00	105.52	99.8
	35	107.51	99.8	139.17	143.9	139.17	143.90	107.51	99.8
	40	110.00	99.8	143.32	147.9	143.36	148.00	110.02	99.8
	45	113.20	102.40	148.78	153.3	148.75	153.20	112.78	102

**Tabla 68. Comparación de la relación entre la separación y el refuerzo a Cortante Caso A y B sin riostra**

		PUENTE SIN RIOSTRA -CASO DE DISEÑO							
		Acero por contante As/s (cm)							
		VIGA 1		VIGA 2		VIGA 3		VIGA 4	
		CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B	CASO A	CASO B
<b>ESVIAJE</b>	<b>0</b>	0.21	0.13	0.40	0.24	0.41	0.24	0.21	0.13
	<b>10</b>	0.21	0.13	0.40	0.24	0.41	0.24	0.21	0.13
	<b>20</b>	0.21	0.14	0.42	0.25	0.42	0.25	0.21	0.14
	<b>25</b>	0.22	0.14	0.42	0.25	0.43	0.25	0.22	0.14
	<b>30</b>	0.23	0.14	0.43	0.25	0.43	0.25	0.23	0.14
	<b>35</b>	0.24	0.15	0.45	0.26	0.45	0.26	0.24	0.15
	<b>40</b>	0.25	0.15	0.45	0.26	0.46	0.27	0.25	0.15
	<b>45</b>	0.26	0.16	0.48	0.28	0.48	0.28	0.26	0.17