



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CAMPUS I



TESIS

QUE PARA EL GRADO DE

MAESTRO EN INGENIERÍA CON FORMACIÓN EN ESTRUCTURAS

**“EFECTO DEL REFUERZO CON POLÍMEROS REFORZADOS
CON FIBRA DE CARBONO EN LA DUCTILIDAD DE COLUMNAS
DE CONCRETO ARMADO”**

PRESENTA:

ALIXANDER MORALES TORREZ PS993

DIRECTOR DE TESIS:

MTRO. JORGE AGUILAR CARBONEY

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS; JUNIO DE 2021



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE INGENIERÍA C-I



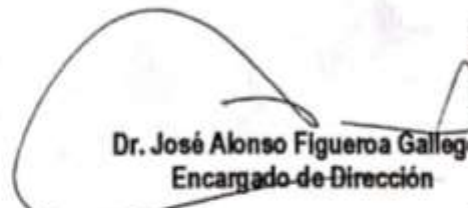
Tuxtla Gutiérrez; Chiapas.
A 30 de agosto del 2021
Oficio. FI. 01/1542/2021

C. Ailxander Morales Torrez
Maestría en Ingeniería con formación en Construcción
Presente.

Por este medio comunico a usted, que se autoriza la impresión de su trabajo de tesis denominado: "Efecto del refuerzo con polímeros reforzados con fibra de carbono en la ductilidad de columnas de concreto armado", para que pueda continuar con los trámites de titulación para la obtención del Grado de la Maestría en Ingeniería con formación en Construcción.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

Atentamente,
"Por la conciencia de la necesidad de servir"


Dr. José Alonso Figueroa Gallegos
Encargado de Dirección


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
DIRECCIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

C. c. p. Dra. Daisy Escobar Castillejos. Coordinadora de Investigación y Posgrado. - F.I.
Archivo Minuterio.
JAFG/DE/ncpg*



Código: FO-113-05-05

Revisión: 0

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LA TESIS DE TÍTULO Y/O GRADO.

El (la) suscrito (a) Alixander Morales Torrez,
Autor (a) de la tesis bajo el título de "EFECTO DEL REFUERZO CON POLÍMEROS REFORZADOS CON FIBRA DE CARBONO EN LA DUCTILIDAD DE COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO",
presentada y aprobada en el año 20 21 como requisito para obtener el título o grado de Maestro en ingeniería con formación en estructuras, autorizo a la Dirección del Sistema de Bibliotecas Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH), a que realice la difusión de la creación intelectual mencionada, con fines académicos para que contribuya a la divulgación del conocimiento científico, tecnológico y de innovación que se produce en la Universidad, mediante la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Consulta del trabajo de título o de grado a través de la Biblioteca Digital de Tesis (BIDITE) del Sistema de Bibliotecas de la Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH) que incluye tesis de pregrado de todos los programas educativos de la Universidad, así como de los posgrados no registrados ni reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT.
- En el caso de tratarse de tesis de maestría y/o doctorado de programas educativos que sí se encuentren registrados y reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), podrán consultarse en el Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Chiapas (RIUNACH).

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a los 15 días del mes de febrero el año 20 22.


Alixander Morales Torrez

Nombre y firma del Tesista o Tesistas

Dedicatorias

Dedico este trabajo con todo mi corazón, a mis hijos, a mi esposa, a mis padres y hermanos, pues sin su respaldo y motivación no lo podría haber logrado. Se los dedico como una ofrenda por su gran apoyo y confianza en mí.

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios por darme la vida y la fuerza para poder culminar una etapa más, a mi familia por todo su apoyo y confianza en mí, a la facultad de ingeniería de la Unach por darme la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos, a los maestros que me orientaron para el desarrollo de este proyecto, a mi asesor y todos los que me apoyaron e impulsaron directa o indirectamente a culminar un paso más.

Índice

Dedicatorias	IV
Agradecimientos	IV
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General	2
Objetivos específicos	2
Justificación	3
Alcance	3
CAPITULO I.- ANTECEDENTES	4
1.1- Refuerzo con polímeros reforzados con fibras de carbono en columnas de concreto armado. ..	4
1.2.- Propiedades mecánicas de los polímeros reforzados con fibras de carbono.	8
1.3 Filosofía de diseño para el reforzamiento	11
1.4 Propiedades mecánicas del adhesivo.	17
1.5 Comportamiento de secciones reforzadas con fibras de carbono.....	17
1.6 Determinación de la ductilidad en columnas de concreto armado.	21
CAPITULO II.- METODOLOGÍA	25
2.1.- Selección de variables y casos	25
2.2.- Definición de forma y dimensiones.....	26
2.3.- Método de cálculo de tablas de excel	26
CAPITULO III.- CALCULOS.....	29
3.1 Cálculos particulares	30
3.2 Resumen.....	84
3.3 Concentrado	90
CAPITULO IV.- RESULTADOS.....	92
4.1 Modelo sin bandas de PRFC	92
4.2 Modelo con bandas de PRFC	94
REFERENCIAS	100

INTRODUCCIÓN

Ante la actualización de los diversos reglamentos de construcción, normas técnicas y códigos de diseño, el reforzamiento estructural de una edificación se torna cada vez más necesarios. Así mismo, para aquellas estructuras o elementos que por alguna razón presentan déficit en alguna de sus propiedades respecto a la presencia de una nueva solicitud, que generalmente se deben a los cambios de uso, eventos sísmicos de magnitud considerable o por daños ocurridos durante su vida útil.

También podemos mencionar los problemas de durabilidad, debido a la utilización de materiales pobres e inapropiados durante la etapa de construcción, inadecuado diseño o construcción, o condiciones en el ambiente omitidos en el estudio y diseño inicial., que conllevan a un detrimento de la resistencia.

Por otro lado, la ingeniería civil, como otras áreas, ha conseguido avances tecnológicos que permiten recuperar o bien aumentar la resistencia de los elementos estructurales de una edificación. Es decir, actualmente existen distintas metodologías y materiales empleados en el reforzamiento estructural que tiene como finalidad contrarrestar las carencias estructurales que puedan presentar los elementos de una edificación.

En particular, para los elementos de concreto armado, el reforzamiento mayormente se ha centrado en la utilización de concreto y acero estructural, mediante “encamisados” de los elementos estructurales, así como el uso de materiales compuestos por fibras poliméricas, fibras de vidrio, fibras de carbono, etc.

En específico, la fibra de carbono (CFRP) es un material compuesto esencialmente de átomos de carbono, constituido por pequeñas fibras de que van de 10 a 50 micras (μm) de diámetro. Los átomos de carbono que conforman las fibras de carbono se encuentran entrelazadas entre sí a través de cristales, los cuales están alineados paralelamente al eje longitudinal de la fibra, lo cual le produce a la fibra una alta resistencia en relación a su tamaño (Ojeda, 2011).

Entre las principales propiedades que poseen estas fibras de carbono, es que son materiales muy flexibles, son altamente resistentes, son elementos muy livianos y de baja densidad en comparación al acero, son resistentes a altas temperaturas y baja expansión térmica, poseen un

bajo costo de instalación y una rápida puesta en servicio; estos beneficios las hacen muy conocidas en la industria de la construcción, incluso en la industria aeronáutica y, automovilística. (Ojeda, 2011).

Otro tema que ha tomado fuerza e importancia en el ámbito estructural, es la ductilidad, propiedad básicamente permite que un elemento pueda deformarse sin llegar a la falla. Por lo que se considera importantes que los elementos estructurales de una edificación y la edificación misma, tenga un grado de ductilidad necesaria, en pro de un mejor comportamiento estructural.

Este trabajo, pretende analizar en particular, los efectos de incluir las fibras de carbono en los elementos estructurales, respecto a la ductilidad del mismo.

Objetivo General

Definir la influencia que el reforzamiento con CFRP provoca a la ductilidad de columnas cuadradas, para diferentes niveles de refuerzo convencional y diferentes niveles de reforzamiento con CFRP.

Objetivos específicos

- Definir la ductilidad de una columna tipo, variando los niveles de refuerzo convencional, variando la excentricidad de las cargas.
- Definir la ductilidad de una columna tipo, considerando además de los niveles de reforzamiento convencional, los niveles de reforzamiento con CFRP.
- Comparar resultados para la determinación de la influencia en la ductilidad de columnas con el reforzamiento con CFRP.

Justificación

Tanto la actualización de las normas y códigos de diseño de estructuras de concreto, se han abierto espacio en lo relativo al reforzamiento de columnas, con la finalidad de recuperar su capacidad a las acciones de diseño o aumentarlas para cumplir ante las nuevas solicitudes. Uno de estos tipos de reforzamiento es a base de polímeros reforzados con fibras de carbono, con el que se ha tenido éxito en los trabajos realizados. En este marco se pretende definir la influencia que el reforzamiento con CFRP provoca a la ductilidad de columnas cuadradas, para diferentes niveles de refuerzo convencional y diferentes niveles de reforzamiento con CFRP.

Alcance

Se realizarán tres etapas para el desarrollo de la investigación. En un primer momento, se realizará la recopilación de datos respecto al tema de reforzamiento con CFRP.

Posteriormente se determinará la herramienta computacional más adecuada realizando los análisis de la columna tipo para diferentes niveles tanto de reforzamiento convencional, el reforzamiento con CFRP y la excentricidad ante cargas.

Como etapa final, se analizarán los resultados obtenidos para plasmar las conclusiones.

CAPITULO I.- ANTECEDENTES

1.1- Refuerzo con polímeros reforzados con fibras de carbono en columnas de concreto armado.

Actualmente, la ingeniería estructural, ha desarrollado varias alternativas de reforzamiento de elementos de concreto armado. Particularmente, desde mediados del siglo pasado, se dio inicio a la alternativa de la fibra de carbono.

En el año de 1956 el físico inglés Roger Bacon desarrolló las primeras fibras de carbono, al estar trabajando con un arco de carbono a altas temperaturas y presiones tratando de determinar el punto triple (Equilibrio térmico entre el estado gaseoso, sólido y líquido de un elemento) del “grafito”, observando que, al disminuir la presión en el arco, el carbono sufría un cambio de la fase de vapor a la fase sólida, formando un filamento muy delgado. Estos filamentos tenían un tamaño de tan sólo una décima parte del diámetro de un cabello humano, pero con la propiedad de poder doblarse, además de no ser frágiles (Alegre, 2017).

Este material ha mostrado, desde sus inicios, tener características elásticas, una ligereza en peso y una alta resistencia mecánica, así como un comportamiento muy favorable ante los agentes externos, además de tener una buena capacidad aislante y térmica.

Los primeros usos de la fibra de carbono, fueron orientados a la industria aeronáutica y aeroespacial, básicamente para usos militares. Es en la década de los 70's, cuando se dio comienzo a un uso más comercial de las fibras de carbono, aplicándolo en una gran variedad de producto, por ejemplo, en la fabricación de partes de bicicletas, principalmente para los profesionales del deporte, cuerdas de pescar, chalecos (antibalas), fabricación de neumáticos especiales, partes de aviones y de automóviles, entre muchos otros.

Tal ha sido el uso de la fibra de carbono en nuestra actualidad, que su demanda mundial ha ido en aumento en los últimos doce años, variando desde unas 48mil toneladas al año, en 2008, a casi 200mil toneladas al año en el 2020 (ver figura 2). Esto genera a su vez una reducción en su costo de adquisición cada vez mayor.

Fibras de carbono al microscopio

Tipos según la cantidad de filamentos por cada fibra

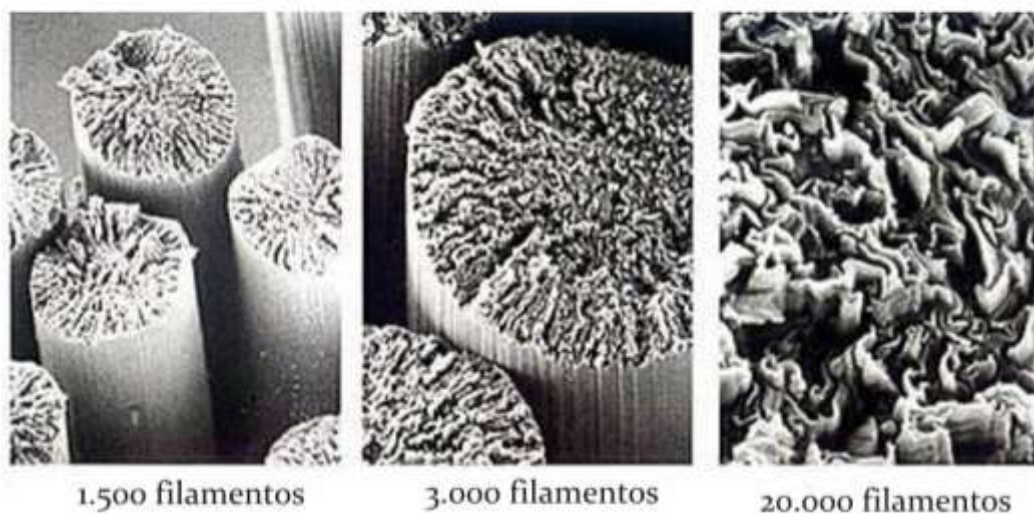


Figura 1-1. Fibras de carbono al microscopio.
<http://fibradecarbonofau.blogspot.com/2016/06/fibra-de-carbono-como-material-de.html>

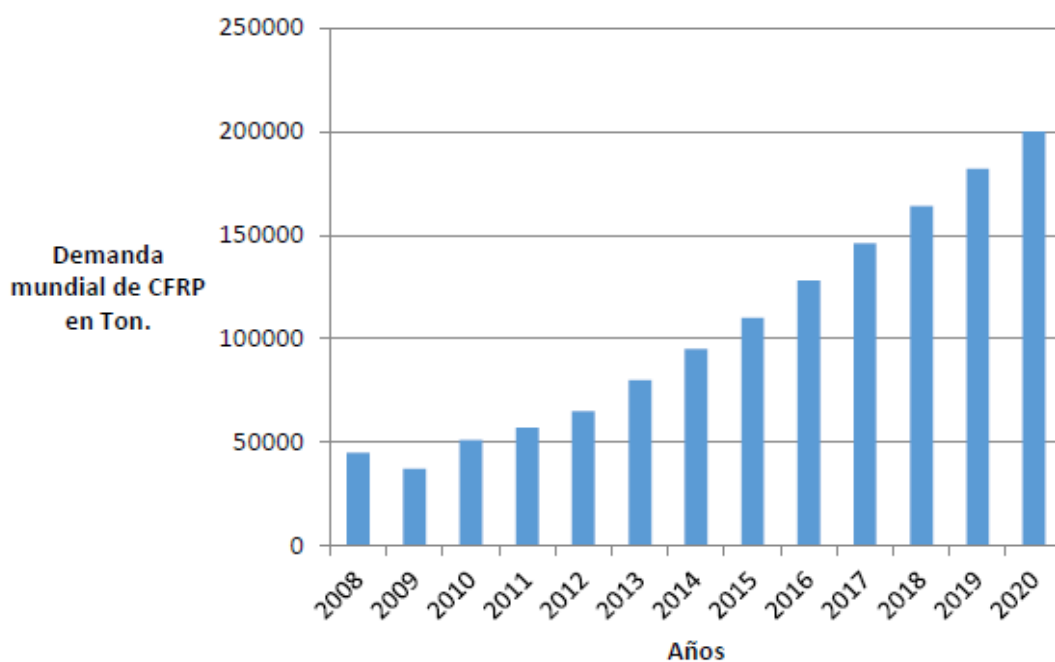


Figura 1-2. Demanda mundial de fibra de carbono

Como consecuencia ante la necesidad de reparar y rehabilitar elementos estructurales, particularmente de concreto armado, los polímeros reforzados con fibras de carbono, han planteado una buena alternativa. Específicamente los polímeros reforzados con fibras de carbono de alta resistencia, denominados CFRP de sus siglas en inglés (Carbon Fiber Reinforced Polymer).

El uso de los polímeros reforzados con fibra de carbono (CFRP) ha tenido éxito, ya que es una de las alternativas de reforzamiento menos invasivas, al ser totalmente externo, teniendo una gran aplicación en estos elementos estructurales, en los que se pueden mencionar:

- Reparaciones de elementos fisurados o agrietados
- Aumentar la capacidad estructural por el cambio de uso
- Confinamiento pasivo, buscando un aumento en la resistencia a las acciones sísmica

Sin embargo, el reforzamiento con CFRP, no es recomendable su uso ante las siguientes situaciones:

- La condición del concreto en la zona donde se debe de colocar las fibras esté deteriorada.
- Existencia de corrosión sustancial en el acero de refuerzo interno.
- La no existencia de acero suficiente para otorgar un comportamiento dúctil al elemento de concreto armado.

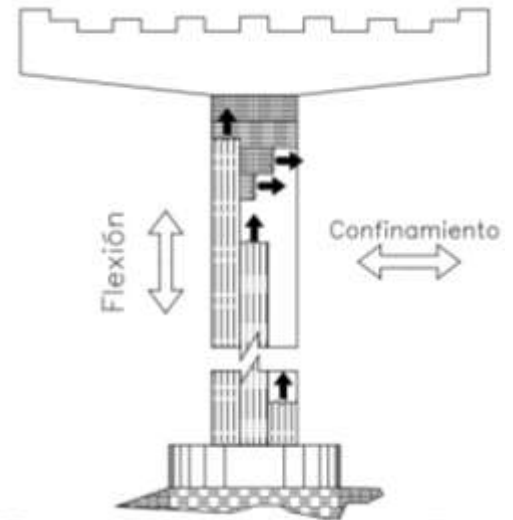
Aunque el CFRP puede tener un multipropósito, en la mayoría de los casos el objetivo es el de mejorar la respuesta estructural bajo una acción específica (cortante, flexión, compresión, etc.). Por ejemplo, el CFRP aplicado en columnas de concreto armado de puentes, es mediante el encamisado del elemento con la fibra, en la que se buscan algunos propósitos específicos como:

- Conservar el concreto en el lugar adecuado
- Limitar o prevenir que el acero de refuerzo sufra corrosión
- Aumentar la ductilidad o resistencia de la columna.

La Figura 1.3 a muestra la aplicación manual del refuerzo de las columnas de un puente con CFRP



(a) Columnas de puente reforzadas con fibras de carbono



(b) Esquemas de refuerzo de la pila

Figura 1-3..Aplicación del refuerzo con FRP en pilas de puentes (Hernández y Elioza, 2014)

Existen actualmente muchas formas de instalar la CFRP, donde es clave:

- el tipo de matriz utilizada y el volumen (depende su comportamiento)
- El espesor y orientación de las fibras de refuerzo de CFRP (según al problema a satisfacer)
- El espesor de las fibras, está directamente relacionado con la magnitud del problema a resolver, orientándolas en la dirección que sean más aprovechadas (Hernández y Elioza, 2014).

Por ejemplo, si lo que se desea es aumentar la capacidad a la carga axial, las tiras de CFRP serán colocadas de forma perimetral al elemento, en otras palabras, enrollándolas al e la columna. Ahora bien, si lo que se necesita es aumentar la resistencia al cortante, las fibras de CFRP se colocarán orientadas de forma perpendicularmente al eje del elemento, esto es, en un sentido paralelo a la dirección de la carga, entre otros casos.

1.2.- Propiedades mecánicas de los polímeros reforzados con fibras de carbono.

Para una terminología más sencilla, se ha utilizado las siglas CFRP, estas se refieren a un material compuesto por un polímero (resina) reforzado con fibras de carbono, que le aportan su resistencia mecánica. Son comúnmente elaborados orientando las fibras en una sola dirección, de modo que aporten una resistencia unidireccional, sin embargo, actualmente en el mercado se pueden encontrar fibras con resistencia en dos o tres direcciones. Las fibras que normalmente son usadas en el ámbito estructural son (Cuadros y Orozco, 2007):

- carbono (C),
- vidrio (G) y
- aramida (A),

Estas están saturadas con una matriz de un polímero o resina, de diversos tipos, pero generalmente de origen epóxico. Sus siglas, sirven para distinguir los diferentes tipos de fibras, según el compuesto del que están elaborados, por ejemplo, CFRP corresponde al carbono, GFRP al vidrio y AFRP a la aramida.

En el mercado podemos encontrar dos presentaciones. Una es en forma de tiras, que son fabricadas mediante el proceso denominado pultrusión, donde se le incorpora el polímero, y puede ser manejado en rollos de diámetros de un metro aproximadamente. La segunda es en forma de placa o tejidos, existen diferentes espesores en función del contenido de fibra; el polímero es incorporado en el sitio de trabajo, teniendo una ventaja de adaptabilidad a las geometrías deseadas (ver figura 1.4).

Para el caso de placas o láminas, se presentan en espesores de entre 1 y 2 mm, con una variedad de anchos (entre 50 a 100 mm) y largos de aproximadamente 250m, instalados en rollos, con diámetros de un metro. Estas pueden cortarse con relativa facilidad a la medida requerida mediante una guillotina, esmeriladora con disco de corte o simplemente con una segueta. Una de las caras de la placa es preparada en fábrica para proporcionar el perfil de anclaje adecuado para la liga del adhesivo. Su resistencia es unidireccional y el contenido de fibras es del orden del 70% del volumen del compuesto (Cuadros y Orozco, 2007).

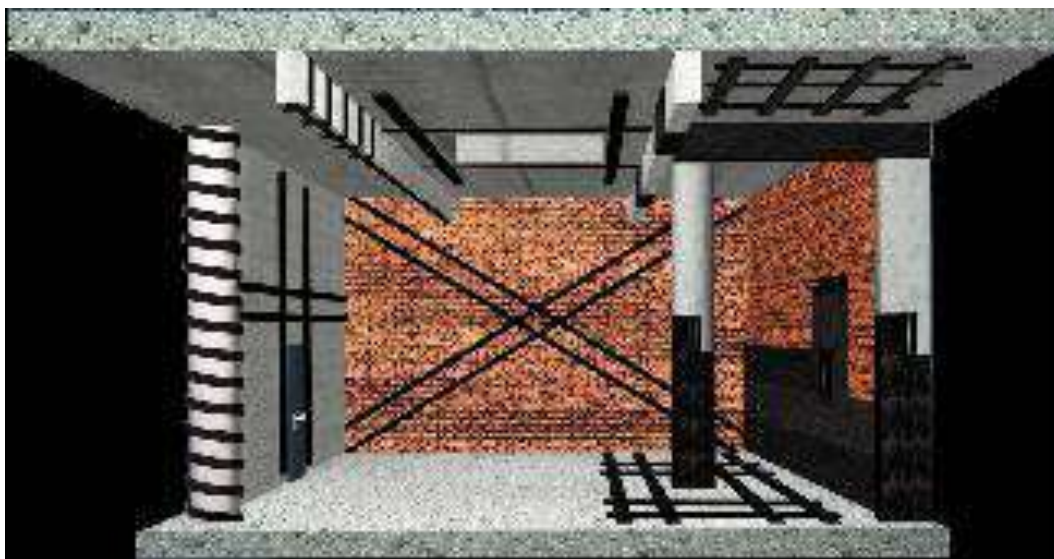


Figura 1-4. Algunas formas de reforzamiento con fibra (Cuadros y Orozco, 2007)

“En un material FRP, es importante diferenciar las propiedades de las fibras por sí mismas, las del polímero que forma la matriz y la del material compuesto producto de la combinación fibra-matriz. Los valores típicos de las propiedades de las fibras se dan en la tabla 1.1 y en la figura 1.5. Las propiedades mecánicas como materiales compuestos están gobernadas por el porcentaje de contenido de fibra en la dirección resistente. Dado que este porcentaje siempre será menor al 100% para dar espacio a la matriz polimérica, los valores correspondientes a la resistencia y módulo elástico son inferiores a las de las fibras aisladas. En general, para un compuesto con resistencia unidireccional, sus propiedades mecánicas serán aproximadamente los de la fibra multiplicados por el porcentaje que ocupa ésta en el compuesto” (Cuadros y Orozco, 2007, p. 3 y 4)

Tabla 1.1. Propiedades mecánicas de las fibras

Tipo de fibra FRP	Resistencia a tensión (N/mm ²)	Módulo de elasticidad (Kn/mm ²)	Elongación %	Densidad específica
Carbono: alta resistencia	4300-4900	230-240	1.9-2.1	1.8
Carbono: alto módulo	2740-5490	294-329	0.7-1.9	1.78-1.81
Carbono: ultra alto módulo	2600-4020	540-640	0.4-0.8	1.91-2.12
Aramida	3200-3600	124-130	2.4	1.44
Vidrio	2400-3500	70-85	3.5-4.7	2.6

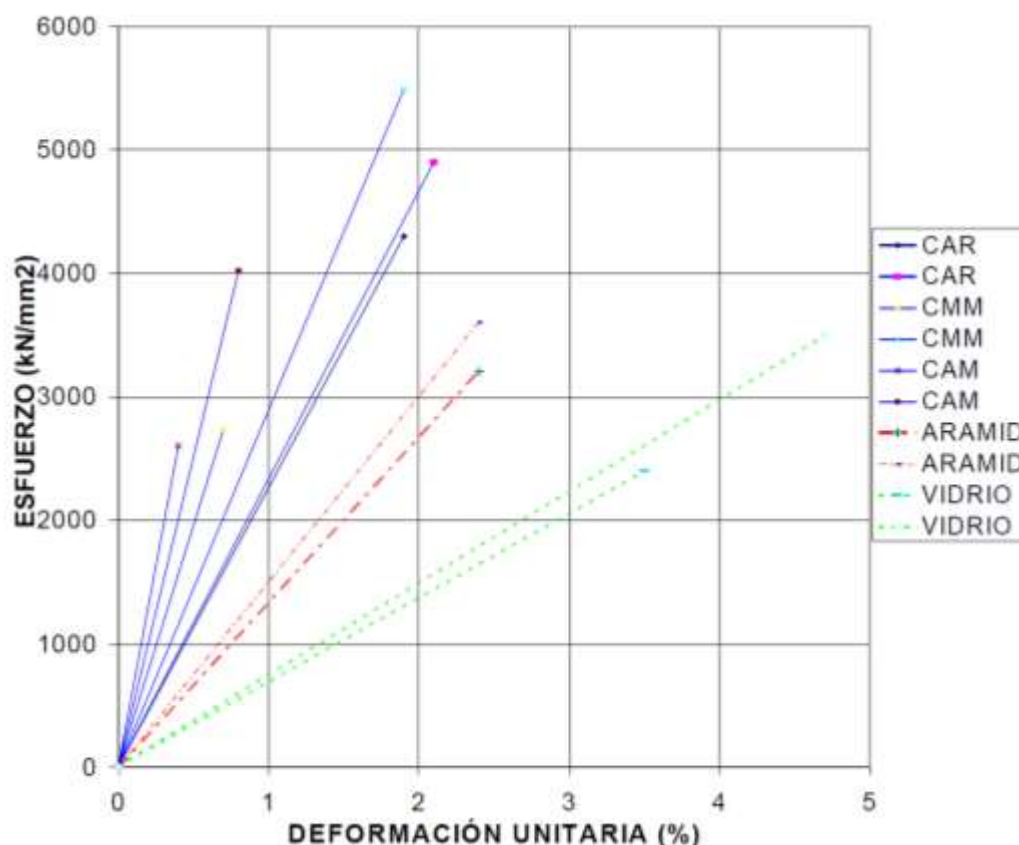


Figura 1-5. Curvas Esfuerzo-Deformación de fibras (Doris, 2013 en Cuadros y Orozco, 2007)

En el mercado del ámbito estructural cada vez son más las opciones a las que se puede disponer. De las más comerciales, se encuentra Sika Carbodur, formada igualmente por tiras de polímero reforzado con fibras de carbono, mediante el proceso de pultrusión. Los usos son principalmente para reforzar estructura para el incremento en las acciones, tales como, aumentar la capacidad de carga en losas y trabes, aumentar la capacidad de puentes, dado a la actualización de las acciones de diseño, estructuras que soportarán maquinaria pesada, o bien, por cambios generales en el uso del espacio. De igual forma para restaurar daños en elementos estructurales ya sea por el deterioro de los materiales de construcción, corrosión del acero de refuerzo, efectos incendios o terremotos, o el impacto de objetos.

Su aplicación se puede extender para el mejoramiento en el comportamiento de servicio, esto es, reducir deformaciones, reducir esfuerzos en el acero de refuerzo, reducir anchos de fisuras o bien reducción de la fatiga, entre otros.

Su presentación es como se ha mencionado anteriormente, en forma de tiras de lámina a base de matriz polimérica epóxica reforzada con fibra de carbono, generalmente en color negro, y en rollos de 100 m de longitud. Sus anchos de tiras: en Sika® CarboDur® S1012, 10cm y en Sika® CarboDur® S512 5cm., ambos en espesores de 1.2 mm

Con las siguientes propiedades mecánicas:

- Densidad 1.6 gr/cm³
- Resistencia a la temperatura: > 150°C
- Contenido de fibras en volumen: > 68%
- Módulo de elasticidad* (valor medio) 165 000 MPa (1 650 000 kg/cm²)
- Módulo de elasticidad* (valor mínimo) > 160 000 MPa (1 600 000 kg/cm²)
- Módulo de elasticidad* (valor fractil 5%) 162 000 MPa (1 620 000 kg/cm²)
- Módulo de elasticidad* (valor fractil 95%) 180 000 MPa (1 800 000 kg/cm²)
- Resistencia a la tensión* (valor medio) 3 100 MPa (31 000 kg/cm²)
- Resistencia a la tensión* (valor mínimo) > 2 800 MPa (28 000 kg/cm²)
- Resistencia a la tensión* (valor fractil 5%) 3 000 MPa (30 000 kg/cm²)
- Resistencia a la tensión* (valor fractil 95%) 3 600 MPa (36 000 kg/cm²)
- Deformación a la ruptura* (valor mínimo) > 1.69 %
- Deformación de diseño** 0.85 %

1.3 Filosofía de diseño para el reforzamiento

En elementos verticales como columnas que cuentan con un refuerzo transversal escaso o mal colocado, busca incrementar el confinamiento lateral para obtener con esto una ductilidad más alta, dependiendo del grado de este confinamiento, puede lograrse también que se mejore la resistencia ante la carga axial y los momentos flexionantes, es decir, para una columna que se encuentre adecuadamente encamisada con fibra de carbono, en la zona de articulación plástica, se logra que el concreto alcance deformaciones grandes, con valores que van hasta 0.012, mucho mayor a 0.003 que se tiene como valor de diseño. Del mismo modo esto permite que el elemento

alcance ductilidades de desplazamiento aproximadamente igual a diez, así como aumentar su la resistencia ante cargas axiales de gran magnitud.

El encamisado con fibra de carbono, también se aplicado en columnas que han presentado falla por la existencia de traslapes o por falla por cortante en columnas circulares. Para las columnas en puentes, la fibra de carbono, el diseño deber realizarse para aumentar la resistencia transversal del refuerzo, así como reducir la llamada falla frágiles, mediante la resistencia al efecto del cortante, que se genere al formarse la articulación plástica y rotaciones grandes, es decir, realizar un diseño por capacidad.

Se ha comprobado por medio de las investigaciones realizadas tiempo atrás, que, si las fibras de carbono se colocan en la misma dirección que los estribos, el incremento en la resistencia y ductilidad resulta ser más eficiente. Cuando el encamisado se aplica en columnas circulares, este incremento de resistencia y ductilidad es considerablemente más grande que en secciones de otro tipo o forma.

En lo que respecta a columnas de sección rectangular o cuadrada, con aristas o lados largos, solamente tienen un aumento en su ductilidad. Por lo general, la resistencia no aumenta considerablemente, su incremento es muy bajo, tanto que varios autores no lo toman en consideración. Por lo anterior, cuando se intenta aumentar el beneficio que implica el colocar fibras de carbono en los elementos de concreto, se torna necesario que la sección de los elementos sea circular, o en todo caso, para otros tipos de secciones es recomendable que las aristas sean redondeadas o que la sección se pueda transformar en ovalada, para un mejor resultado.

Este reforzamiento se origina como consecuencia de la necesidad cada vez mayor de rehabilitar o reparar elementos estructurales de concreto reforzado. El refuerzo con fibras de carbono, representa una alternativa factible para el ambiente de la construcción, ya que tiene varias atribuciones positivas, como por ejemplo, el costo-beneficio y la relativa facilidad en su instalación respecto a otras alternativas.

Un objetivo del reforzamiento con CFRP, es tratar de describir cual es el comportamiento de los elementos de concreto armado reforzados con fibra a través de los diagramas de momento

curvatura, bajo una consideración de sección compuesta, esto es, concreto, acero y fibras, sometidas básicamente a flexión.

Hoy en día, todavía no se cuenta con una reglamentación concreta, clara y disponible, para el diseño de elementos de concreto armado reforzado con fibras de carbono. Se sabe que el instituto americano del concreto (ACI), mediante el comité 440-F desarrolla una investigación al respecto, con la finalidad de desarrollar una metodología explícita, con recomendaciones y especificaciones de diseño, y finalmente contar con las normas técnicas de construcción correspondiente.

De lo que se trata principalmente, es poder describir cómo se comportan los elementos de concreto que cuentan con el refuerzo de fibras de carbono, mediante el análisis de diagramas momento curvatura, realizadas a secciones de concreto adicionadas con la fibra de carbono, sometidas a flexión. Los criterios fundamentales que se están considerando en la investigación del ACI, para el diseño de estos elementos combinados, contemplan las siguientes directrices:

1. Los límites de la resistencia, enfocados a conservar un comportamiento dúctil.
2. Que factores son los adecuados para la confiabilidad y los límites de las resistencias a considerar en el diseño.
3. Lineamiento básico necesario con el que deben contar los elementos de concreto antes de dotarles del refuerzo con fibra, buscando que no se presente la falla del adhesivo de la fibra con el elemento, que ha sido distinguido como uno de los eventos que no pueden controlarse en el desempeño del elemento.

Ante todo debe contarse con un enlace que debe poder resistir todas las acciones de servicio sin que se presente la fluencia del acero de refuerzo y que la resistencia de diseño de la estructura sin las fibras, exceda las nuevas acciones de servicio para un factor equivalente a 1.20, estos es, se obtienen factores de seguridad involucrados en el diseño de $1.20 / 0.90 = 1.30$ aplicados para diseño por flexión, así como $1.20 / 0.85 = 1.40$ aplicados para el diseño por cortante, procurando evitar la fluencia del refuerzo del concreto. Estos factores de carga, son semejantes a los que se consideran en las guías del ACI para los ensayos de cargas, que toman en cuenta el factor equivalente a 1.30, que son valores que permiten el reforzamiento con la fibra.

Estos valores de los factores, son aptos para tomar en cuenta cualquier variación de carga no prevista y la pérdida de la adherencia del pegamento o adhesivo debido a altas temperaturas, entre otros.

Cuantía mínima de refuerzo para asegurar un comportamiento “Pseudo- Dúctil”

Para asegurar que en caso de sobre carga, el elemento pueda deformarse lo suficiente antes del colapso, se puede considerar la siguiente expresión:

$$\rho = A_s / b d \leq 0.75 \rho_b$$

que trata de garantizar que el elemento presente un aviso ante el posible colapso, mostrando una gran deformación.

Existen otras alternativas de reforzamiento en elementos de concreto, como son placas o láminas con un espesor comúnmente oscilan entre 1 y 2 mm (con anchos y longitudes variables), según las opciones del mercado, tratando de que sean de fácil corte en obra para realizar tramos a la medida (ver figura 1.6). De igual forma existen encamisados prefabricados de compuestos para el confinamiento de columnas, principalmente circulares, procurando que el diámetro interno de la camisa se acerque al diámetro exterior de la columna.



Figura 1.6. Platinas, textiles, placas en “L”, encamisados (Cuadros y Orozco, 2007)

Dado a que las resinas epóxicas tienen altas propiedades mecánicas, son las que más se utilizan en este tipo de reforzamientos estructurales. La elección del tipo de resina a utilizar, depende de

varios factores, entre ellos: datos técnicos específicos, condiciones ambientales, la velocidad y el tipo de aplicación, y las condiciones de uso que deben consultarse con los fabricantes. La temperatura recomendada para su aplicación deberá estar en el orden de 50°C.

Las fibras de carbono resultan ser resistentes a las distintas formas de ataque químico. En general, la fibra de vidrio es vulnerable a los álcalis (pH mayor a 11) pero no a los ácidos. Las fibras de aramida son fibras de origen sintético fabricadas por diferentes procesos de hilado y extrusión. Estas fibras de aramida son relativamente nuevas y potencialmente importantes, basadas en la rigidez y en la alta resistencia, que se obtiene en polímeros completamente alineados. Aunque son más resistentes, absorben más humedad que las otras fibras, lo que puede alterar sus propiedades en forma importante.

Las fibras de vidrio y carbono no se afectan por la luz ultravioleta. Las fibras de aramida se decoloran ante la incidencia de la luz ultravioleta y se reduce su resistencia. Sin embargo, cuando están embebidas en la resina, esta degradación solamente ocurre en la zona superficial expuesta y no existe riesgo de afectación de las propiedades mecánicas de todo el compuesto. Siempre es recomendable proteger las superficies de la exposición a la radiación ultravioleta.

Las fibras de aramida y de vidrio no son conductoras de la electricidad y por lo tanto su uso resulta recomendable en las cercanías de líneas de energía, rieles electrificados e instalaciones de comunicaciones. Las fibras de carbono si son conductoras de la electricidad y en zonas de riesgo eléctrico deben ser empleadas con cautela (Cuadros y Orozco, 2020).

Ante el fenómeno de impacto, su comportamiento dependerá en gran medida de la energía de deformación que se origine y que se absorba. Para este caso, son recomendables las fibras que combinan la alta resistencia y deformación, esto es, que contemplen resistencia a la tensión igual o mayor que 3,500 N/mm² y elongación mayor del 2%.

Una combinación de fibras de carbono y una matriz de resina epóxica, son las laminas de CFRP, en la dirección de la fibra tienen una resistencia y rigidez muy altas, además de un excelente comportamiento a la fatiga, mucho mejor que la que presenta el acero estructural, puesto que las fibras están colocadas en la dirección longitudinal, que corresponde a la dirección de la acción aplicada (lámina unidireccional), además de tener una densidad considerablemente baja.

Se tiene que las fibras les corresponde contar con la capacidad de carga, mientras que la matriz epóxica tiene la función principal de unir entre sí las fibras (así como de protegerlas del medio ambiente), permitiendo la transferencia de carga entre las fibras.

La resistencia en dirección transversal a las fibras, así como la resistencia a cortante son bajos. Las características mecánicas en dirección longitudinal son determinadas por el tipo de fibra y por el contenido en volumen de fibras en la platina.

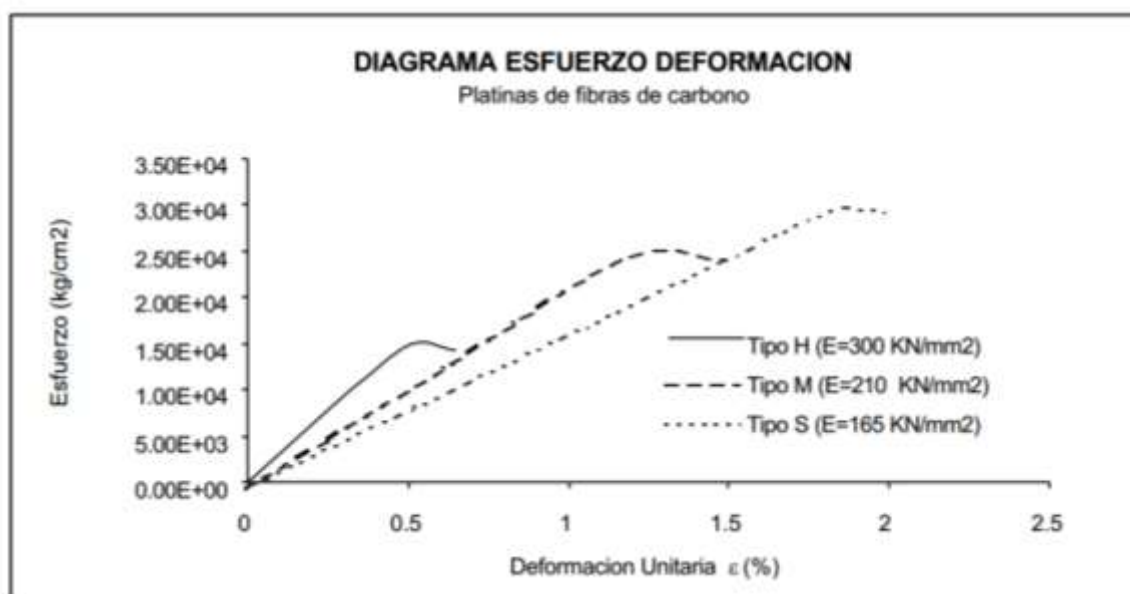


Figura 1-7. Diagramas de Esfuerzo Vs. Deformación. De las fibras de carbono CFRP. (Proaño, CISMID, Perú, 2007)

En esta figura se muestran tres curvas de esfuerzo-deformación que corresponden a algunas fibras que se encuentran disponibles en el mercado.

“Se puede observar que las fibras de carbono con un módulo de elasticidad más elevado tienen menor esfuerzo máximo en tensión. Con respecto a las 3 curvas mostradas correspondientes a tres tipos de platinas S, M y H de acuerdo con su módulo de elasticidad, Las 2 primeras son usadas mayormente para el reforzamiento de elementos de concreto armado mientras que la tercera se utiliza para reforzamiento de elementos de madera “(Proaño, CISMID, Perú, 2007)

1.4 Propiedades mecánicas del adhesivo.

El adhesivo es usado para unir las fibras de carbono al elemento estructural y para sellar el sustrato, previniendo las pérdidas del epóxico desde el tejido saturado. A continuación, se muestran los rangos para las propiedades mecánicas del adhesivo existentes en el mercado.

	Adhesivo Epóxico
Esfuerzo máximo a la compresión	$> 75 \text{ N/mm}^2 - 100 \text{ N/mm}^2$
Esfuerzo adhesivo en acero	$> 10 \text{ N/mm}^2 - 26 \text{ N/mm}^2$
Esfuerzo adhesivo en el concreto	$> 2 \text{ N/mm}^2$
Módulo de Elasticidad	$9000 \text{ N/mm}^2 - 128000 \text{ N/mm}^2$
Temperaturas de trabajo	$49^\circ\text{C} - 93^\circ\text{C} (120^\circ\text{F} - 200^\circ\text{F})$

1.5 Comportamiento de secciones reforzadas con fibras de carbono.

Se ha observado que las fibras de carbono no son consideradas como un material dúctil, teniendo un comportamiento de esfuerzo deformación prácticamente lineal cuando es cargado a la falla en tensión, no obstante, las secciones de concreto armado con acero que han sido reforzadas con fibras de carbono muestran un comportamiento dúctil al ser cargados a la falla.

Al observar las curvas, se puede distinguir que resultan bilineales, destacando los siguientes puntos:

- La primera parte de la curva presenta un ligero aumento en la pendiente con respecto la curva que corresponde a la sección no reforzada.
- El punto de fluencia experimenta un aumento debido al refuerzo con las fibras.
- La parte de la curva comprendida entre la fluencia y la falla tiene una pendiente ascendente en vez de hacerse horizontal como es el caso de las curvas elasto-plásticas.

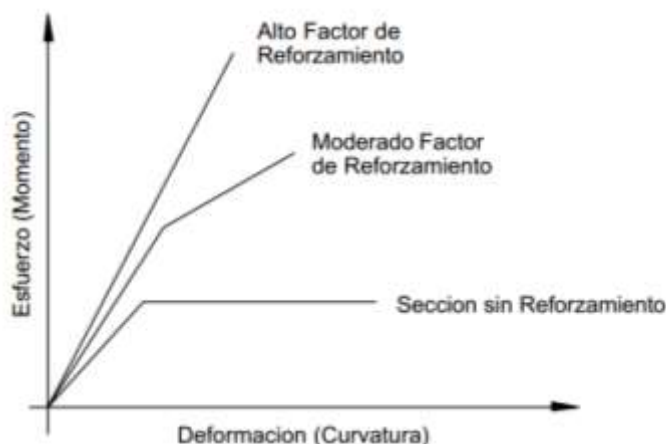


Figura 1-8. Relaciones de Momento-Curvatura para secciones de concreto armado (Proaño, CISMID, Perú, 2007)

Por lo que es de muy importante que el diseñador comprenda el comportamiento de la sección cuando la sección reforzada tiende a la falla, requiere no solamente evaluaciones tradicionales en los límites asociados con la ruptura del concreto, del acero y/o de la fibra de carbono, sino también evaluar los modos de falla relacionados con la adherencia del sistema CFRP, asociados con la pérdida repentina de adherencia.

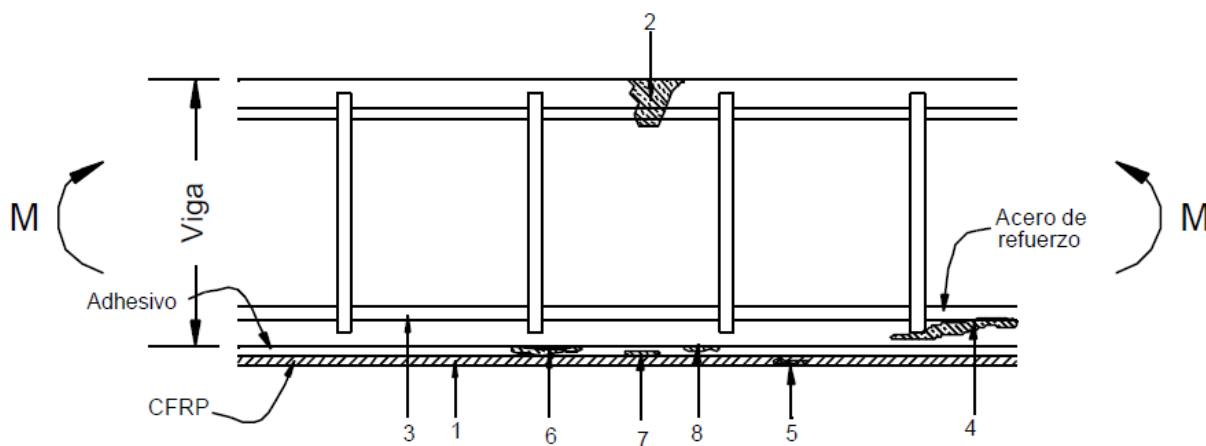


Figura 1-9. Tipos de fallas de secciones reforzadas con fibras de carbono

En la figura anterior, se ilustra una sección de una viga sometida a flexión que se le ha adicionado refuerzo externo con fibra de carbono, naturalmente en la zona de tracción, pudiendo observar los siguientes tipos de falla encontrados de manera experimental.

1. - Falla a tensión de fibra. Cuando se alcanza la resistencia de tensión de la platina

2. - Aplastamiento del concreto en la zona a compresión. Cuando se alcanza la máxima deformación en el concreto ($\epsilon = 0.003$).
3. - Fluencia del acero o rotura del acero. Cuando se excede la deformación de fluencia o cuando se alcanza la resistencia a la fatiga.
4. - Desprendimiento del concreto en la zona a tracción. Debido a un desplazamiento vertical de la superficie inferior de la viga por irregularidades locales debidas a la insuficiente separación de la superficie y/o por desplazamientos relativos de las paredes de las fisuras por fuerzas de corte (se puede causar deflexión local de la platina CFRP)
5. - Rotura interlaminar. Si se sobrepasa la resistencia al corte en la platina CFRP esta falla a lo largo de las fibras y se da la rotura interlaminar.
6. - Falla de cohesión en la capa de adhesivo. Si los esfuerzos de corte en esta zona son muy grandes. También es debido a presiones perpendiculares al plano entre el concreto y el CFRP (fibra de carbono) a este efecto se le conoce como “pilling”.

También debido a la falla del adhesivo, se pueden presentar presencia de burbujas de aire en la pega luego de la colocación de la platina o CFRP.

7. - Falla de cohesión (superficie de lámina CFRP). Por falla en la adherencia en la capa platina o CFRP con el adhesivo. o por una mala preparación de la superficie de la platina o CFRP.
8. - Falla de cohesión (superficie de concreto). Por la misma razón que la anterior y también por la deficiente preparación de la superficie de concreto ((Proaño, CISMID, Perú, 2007)

A esta lista, puede agregarse también la fiabilidad estadística del material, así como de su manufactura y por supuesto del proceso de instalación. Dado que las investigaciones de CFRP se encuentra realmente en sus primeras etapas y muchas variables están siendo estudiadas y evaluadas, simples límites de deformación son apropiados para definir los estados limites empíricamente desarrollados ((Proaño, CISMID, Perú, 2007)

Es importante que antes de tomar la decisión de realizar reforzamientos externamente adheridos, se investigue la situación en que se encuentra la estructura, lo que permitirá identificar las condiciones reales de los elementos, la calidad y sanidad de los materiales que los componen, así como conocer el estado de deterioro evidente y oculto que, de no tomarse en cuenta, puede comprometer seriamente la efectividad del refuerzo (Cuadros y Orozco, 2020).

Para los elementos de concreto reforzado, que por mucho han sido las más intervenidas con sistemas FRP, es imperativo conocer las propiedades mecánicas del concreto y verificar que no existan patologías de origen químico, examinar el armado existente para evaluar la capacidad de carga y diagnosticar si el acero de refuerzo presenta corrosión, el grado de severidad, la velocidad de avance y la naturaleza del mismo, (carbonatación del concreto o presencia de agresores químicos como cloruros, sulfatos, etc.), entre algunos otros factores. Para este propósito se realizan ensayos físico-químicos, entre los cuales destacan los siguientes:

- a) pruebas a tracción del concreto mediante ensayos de adherencia in-situ,
- b) extracción y prueba a compresión de núcleos de concreto,
- c) medición del pH del concreto,
- d) extracción de muestras para determinar el contenido de cloruros, sulfatos y otros contaminantes,
- e) determinar la posición y cuantía del acero de refuerzo mediante pachómetro o calas,
- f) evaluar el contenido de humedad, medición del potencial y velocidad de corrosión,
- g) extracción de corazones (para estudiar la posible reacción álcali-agregado)
- h) determinación indirecta de la calidad del concreto mediante el empleo de ultrasonido o esclerómetro, entre otros ensayos.

1.6 Determinación de la ductilidad en columnas de concreto armado.

La ductilidad de un elemento estructural es la capacidad que tiene éste de sufrir grandes deformaciones bajo cargas cercanas a la falla, si este elemento tiene poca ductilidad y curvatura, probablemente se presente una “falla frágil” en él, al momento en que se vea sometido en un rango no lineal, falla que no es deseable en estructura sismo-resistentes, por su obvia necesidad de estabilidad. Por el contrario, una ductilidad alta del elemento, genera que el resto de la estructura tenga una “amplia advertencia” a la falla en el rango no lineal, haciendo posible una redistribución de momentos y desde luego la disipación de la energía.

“La ductilidad del elemento se mide por medio de la relación Momento – Curvatura ($M-\phi$) calculando la razón de ductilidad de curvatura (μ_ϕ), que es el cociente entre el valor de la curvatura última (ϕ_u) y la curvatura cedente (ϕ_y) (ambos valores obtenidos a través de la curva momento-curvatura). Este parámetro (razón de ductilidad de curvatura), en definitiva, determina la capacidad de rotación plástica (θ_p) que va a tener la columna frente a un incremento de momentos flectores, caso que se presenta en un sismo” (Castillo y Lara, 2009).

Las curvas momento-curvatura para una sección de columna de concreto armado tienen una gran importancia por ser “una forma de observar el desempeño de dicho elemento y de medir su ductilidad cuando esté sujeto a cargas, en este caso momentos flectores que se incrementan hasta llegar a la falla (comportamiento monotónico) combinados con cargas axiales” (Castillo y Lara, 2009).

El concreto es considerado inicialmente como un cuerpo no comprimido, pero dado a que en la práctica comúnmente existe elementos de confinamiento como estribos, aros o hélices cerradas, que hacen que la ductilidad del concreto aumente de forma considerable, se toman en consideración estos elementos de confinamiento. Al inicio de la carga, donde se tienen esfuerzos de compresión relativamente bajos, el refuerzo transversal apenas y está esforzado y no altera el comportamiento del concreto. Cuando los esfuerzos se acercan a los parámetros de diseño del elemento, las deformaciones transversales en el concreto aumentan con rapidez, debido al agrietamiento progresivo interno, originándose una expansión en el concreto hacia el acero de

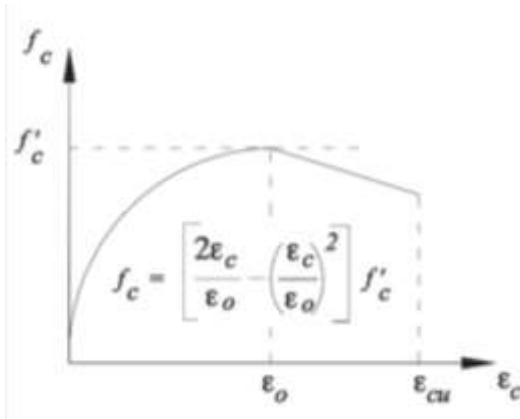
refuerzo transversal. Esta oposición que presenta el acero transversal mejora considerablemente las características esfuerzo-deformación, ante deformaciones mayores.

Muchas pruebas han demostrado el beneficio del confinamiento en el concreto, mediante los diversos tipos de refuerzo transversal, que se refleja directamente en el aumento también considerable de la ductilidad del elemento de concreto armado, sometido a flexión.

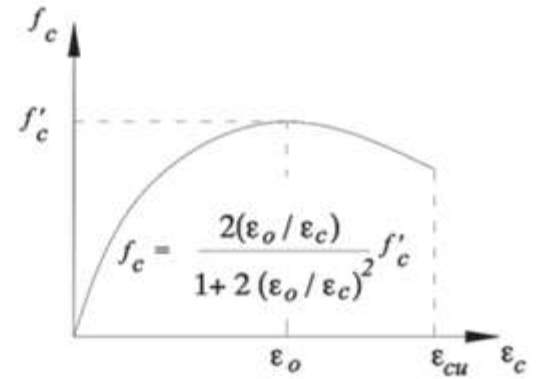
La mayoría de los métodos para determinar las curvas Momento – Curvatura se basan en los mismos conceptos fundamentales como son la compatibilidad de deformaciones, el equilibrio de fuerzas y el equilibrio de momentos, debiendo estar definidas las relaciones constitutivas del concreto y del acero, esto es, las curvas esfuerzo – deformación. Entre las leyes constitutivas que siempre ha destacado están el modelo de Mander (1988) para el concreto que toma en cuenta el confinamiento del concreto considerando un refuerzo transversal debidamente dispuesto; y el modelo de Park (1975) para el acero de refuerzo que toman en cuenta los efectos de endurecimiento por deformación.

Por otro lado, nuestras normas técnicas complementarias se han basado en los experimentos de E. Hognestad (1955) y Todeschini (1964). El modelo de Hognestad está compuesto de una parte curvilínea descrita por una parábola que comienza en cero y termina cuando el concreto a compresión alcanza la resistencia máxima f'_c , en este punto la parábola es tangente a la horizontal. A partir de este punto los esfuerzos del concreto disminuyen linealmente conforme aumentan las deformaciones hasta que ocurre la falla. El modelo de Todeschini propone que el modelo esfuerzo-deformación se puede representar por una sola parábola. Para fines prácticos, en algunos casos se considera que la resistencia máxima f'_c se alcanza para una deformación del concreto $\epsilon_0 = 0.002$ y que el concreto falla cuando $\epsilon_{cu} = 0.003$; sin embargo, estos valores no se deben tomar como definitivos (Villagrán, Vera y Posada, 2013).

$$f_c = \begin{cases} \left[\frac{2\epsilon_c}{\epsilon_0} - \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_0} \right)^2 \right] f'_c & \epsilon_c \leq \epsilon_0 \\ \left[1 - 100 (\epsilon_c - \epsilon_0) \right] f'_c & \epsilon_0 < \epsilon_c \leq \epsilon_{cu} \end{cases} \quad f_c = \frac{2(\epsilon/\epsilon_0)}{1 + (\epsilon/\epsilon_0)^2} f'_c$$



a) Modelo de Hognestad



b) Modelo de Todeschini

Figura 1-10. Modelos de leyes constitutivas para el concreto (Villagrán, Vera y Posada, 2013).

Castillo y Lara (2009), en su estudio elaboraron y analizaron más de seiscientos cincuenta curvas Momento – Curvatura, alrededor de noventa curvas Razón de Ductilidad de Curvatura vs Carga Axial y cerca de noventa curvas Rotación Plástica vs Carga Axial, la cual es se presentan algunas en la siguiente figura.

Columna Circular $D=50\text{cm.}$; recubrimiento = 2.5 cm.

$f'_c = 28 \text{ MPa.}$

$f_y = 420 \text{ MPa.}$

$P_o = 4583 \text{ KN}$

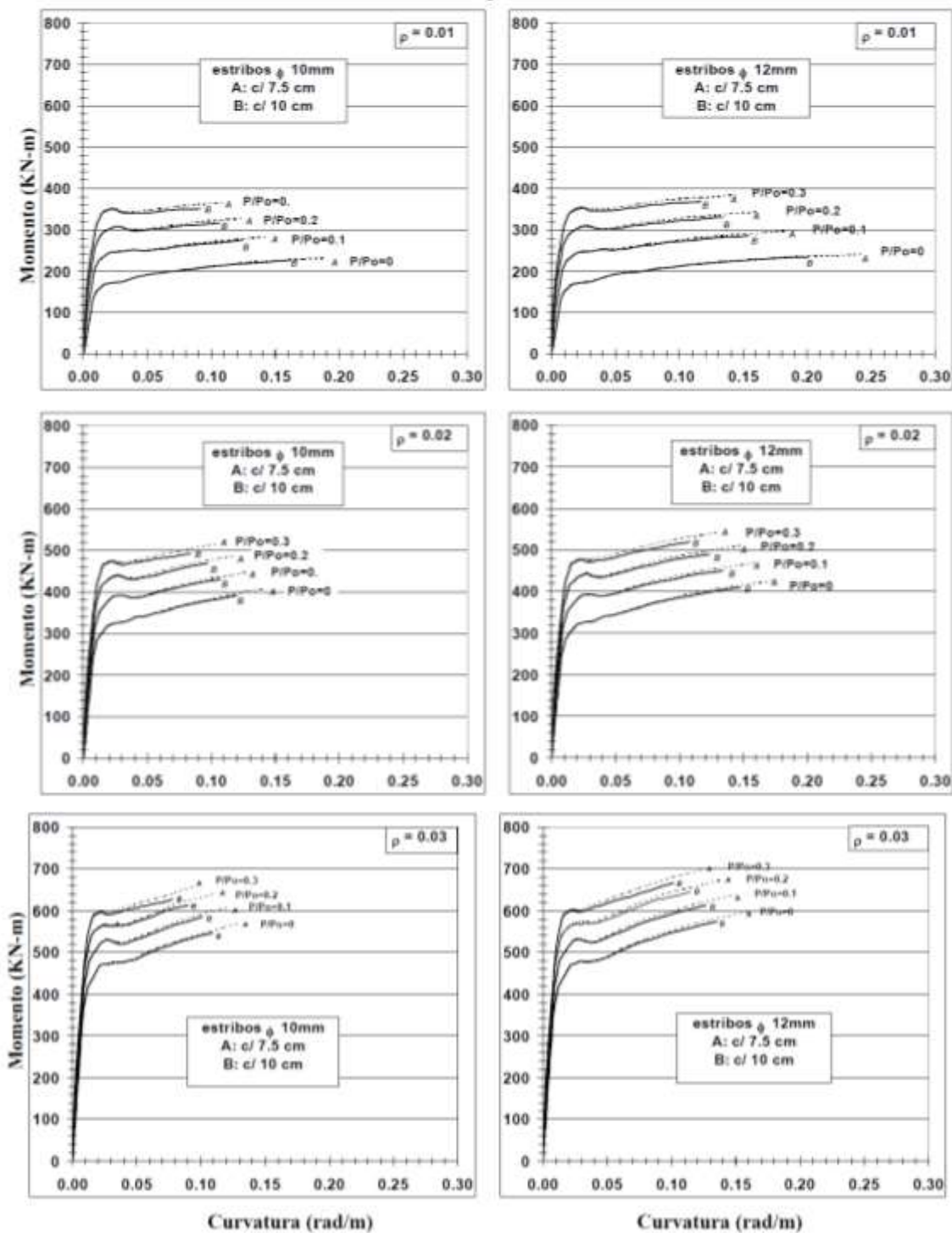
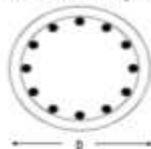


Figura 1-11. Curvas Momento – Curvatura (Castillo y Lara, 2009)

CAPITULO II.- METODOLOGÍA

2.1.- Selección de variables y casos

Para la realización del presente trabajo, se han adoptado las leyes, teorías y métodos ya establecidos, como los son: leyes constitutivas de los materiales (concreto y acero), modelo de Todeschini, y los principios básicos establecidos por Park y Paulay en su libro “estructuras de concreto reforzado”, para la construcción de las curvas Momento – Curvatura, así como los avances en la materia.

Con la finalidad de tener parámetros de comparación ante la colocación de fibras de polímeros reforzados, se han tomado dos casos de análisis, el primero se refiere a un elemento sin refuerzo de polímeros y el otro con estos refuerzos. Para ambos casos se realizará la misma metodología de trabajo.

Este trabajo se ha estructurado en tres etapas generales. Primeramente, se ha desarrollado una investigación bibliográfica para enmarcar el tema. En esta etapa se ha determinado el alcance de los conocimientos actuales en relación al reforzamiento de columnas para mejoramiento de su ductilidad, así como lo referente a las tecnologías del refuerzo con polímeros reforzados con fibras de carbono.

Posteriormente se ha determinado tanto la herramienta computacional más adecuada para realizar el análisis de forma numérica, del efecto de los polímeros como una alternativa de reforzamiento de columnas de concreto armado. Así mismo se han definido en esta etapa, los parámetros del modelo o caso de estudio, en pro de la delimitación de la investigación. Se ha elegido la herramienta de la hoja de cálculo de Excel, en el que se han desarrollado las estimaciones y cálculos para la determinación de la ductilidad, mediante el momento curvatura.

La última etapa consiste en realizar todos los cálculos correspondientes, tomando en cuenta todos los parámetros y variaciones definidas previamente. En esta etapa también se hace el análisis de los datos resultados finales. Teniendo como parte final una conclusión de estos resultados obtenidos.

2.2.- Definición de forma y dimensiones

Para la elaboración de la investigación se ha determinado como el elemento de diseño, una columna de sección cuadrada con las dimensiones de $b=40\text{cm}$ x $h=40\text{cm}$, con un concreto con resistencia de $f'_c=250\text{ kg/cm}^2$. Con la finalidad de delimitar los cálculos a realizar.

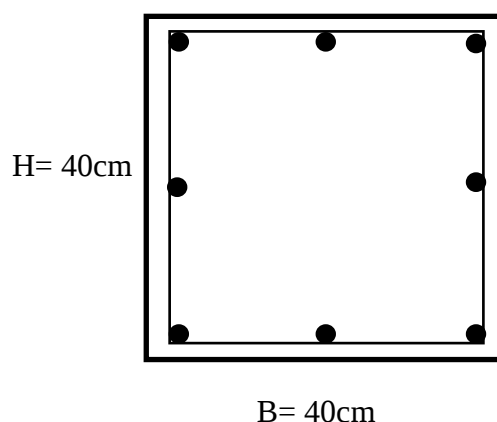


Figura 2-1. Sección de análisis

2.3.- Método de cálculo de tablas de Excel

1.- Con la finalidad de acotar el trabajo de investigación, se han definido, además de las dimensiones de la columna de diseño, los siguientes parámetros:

- Se ha variado el porcentaje de acero de en tres niveles, con un mismo armado, variando únicamente los calibres, propuestos tal que estuvieran cercanos a estas cuantías, las cuales son: $\rho=0.63\%$ cercana a la cuantía mínima, $\rho=2.53\%$ como una cuantía promedio, y $\rho=5.7\%$ cercano a la cuantía máxima (baja y media ductilidad).
- De igual forma se han determinado cinco niveles de excentricidad, que van desde: $e=20\text{cm}$, equivalente a $0.5h$, 40cm equivalente a una vez h , 60cm equivalente a $1.5h$, 80cm equivalente a $2h$, 100cm equivalente a $2.5h$ y 120cm equivalente a $3h$.
- Para el caso del reforzamiento con polímeros se ha considerado la colocación de dos bandas de fibra de carbono, de la marca Sika, del nombre específico Sika Carbodur S1012, con un área transversal de 1.2cm^2 por cada banda (se anexa ficha técnica).

2.- Así mismo se ha propuesto la siguiente variación de la deformación unitaria ε_c , con la finalidad de poder obtener 5 puntos para la construcción de la gráfica momento-curvatura, más un sexto punto, que se refiere en donde se presenta la cedencia o fluencia, tal que:

Punto	ε_c (Variaciones)
1	0.0006
2	0.0012
3	0.0018
4	0.0024
5	0.0030

Tabla 2.1. Variaciones elegidas de la deformación unitaria de trabajo.

3.- Como ya se mencionó, para cada variación en la deformación se ha tomado como un punto de la curva. Para cada variación se ha dividido la sección a compresión, correspondiente al concreto, en 10 franjas iguales, enumeradas de “AC1” hasta “AC10”, con un ancho en función de la profundidad del eje neutro. A cada franja se le determinaron los siguientes parámetros: y_i , ε_i , σ_i , f_i y el momento M_i (ver tabla).

Para el caso del acero, se han contemplado las tres zonas con barras, esto es, las franjas de las dos caras, superior e inferior, y el centro de la sección. estimando ε_i a partir de ε_u . Para cada variación o punto de la curva M- ϕ , se ha observado el valor del esfuerzo de trabajo σ_i para el acero, esto es, vigilando que el valor de la fluencia del acero se presentara al obtener un esfuerzo calculado de -4200 kg/cm² (considerando el signo como un esfuerzo de tensión). Para el caso de estudio con bandas de polímeros reforzados, se ha considerado una franja más, con un espesor igual al de la banda, ubicada en la cara inferior de la sección, o bien zona de tensión, para la cual se determinó de igual manera, los parámetros correspondientes. Cabe señalar que en ningún caso la banda de polímero alcanzó la fluencia.

4.- La tabla de Excel se ha programado de tal forma que los cálculos han quedado en función de la excentricidad y la profundidad “y” del eje neutro, centrando los cálculos en determinar la profundidad “y” del eje neutro necesaria para conseguir el valor de la excentricidad seleccionada, para cada caso de análisis.

5.- Se ha determinado un sexto punto, que corresponde al momento de agrietamiento, para el cual también se ha obtenido la curvatura. Para este caso se ha tomado en cuenta concreto de

clase 1, con un módulo de ruptura igual a 31.62 kg-cm^2 . Ahora bien, para obtener una gráfica completa se ha anexado un séptimo punto, que corresponde meramente al inicio de ésta, con valores de (0,0).

6.- Una vez que se han desarrollado los 5 puntos iniciales, más el punto correspondiente al agrietamiento y el punto inicial, se ha podido identificar en que rango de la deformación unitaria ocurre la fluencia del acero de refuerzo, considerando para esto un punto adicional de la gráfica. Para este caso, se ha considerado por un punto especial para el análisis al momento de ocurrir la cedencia o fluencia del acero, en el que se determinan igualmente los valores de la profundidad “y” necesaria para alcanzar la excentricidad seleccionada, al mismo tiempo que se determina el valor de la deformación unitaria ε_i necesaria para alcanzar la fluencia. Para este punto se han realizado cálculos alternados, es decir, el de la profundidad “y” y de la deformación unitaria ε_i , tal que tras cada cálculo van convergiendo hasta conseguir que los valores de ambos cumplan para la excentricidad y fluencia, respectivamente.

7.- Finalmente, los resultados obtenidos se han graficado, comenzando por el punto (0,0), seguido del punto correspondiente al momento de agrietamiento M_{agriet} , y de los 5 puntos correspondientes cada variación de la deformación ε_i . El punto correspondiente a la fluencia del acero, se ha acomodado entre los puntos antes obtenidos, en función de su valor calculado, para finalmente obtener una gráfica completa y determinar la ductilidad mediante la relación ϕ_u / ϕ_y .

CAPITULO III.- CALCULOS.

Tomando en cuenta todas las consideraciones antes expuestas se han realizado los cálculos correspondientes a las estimaciones de las ductilidades de diferentes casos.

Se muestran en los siguientes esquemas las operaciones realizada en las hojas de cálculos, así como de las curvas Momento – Curvatura obtenidas, y finalmente la relación de ductilidad de curvatura como resultado del procesamiento de la información.

Siguiendo los parámetros establecidos en el capítulo anterior, se ordenan los cálculos según la cuantía de acero propuesta, realizando en cada caso un total de siete puntos. Cinco de estos puntos conforman realmente el cuerpo de la gráfica, en relación a las variaciones de ε_c establecidas en el capítulo anterior. El sexto punto es para ubicar exactamente el punto de fluencia del acero de refuerzo. Y el séptimo punto es para mera referencia de ubicar el punto del momento de agrietamiento del concreto.

Se presenta la información ordenada en tres bloques:

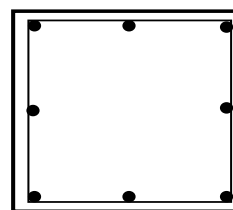
- a) En un primer bloque que incluye los cálculos particulares para cada caso, mostrando los cálculos realizados a detalle.
- b) El segundo bloque se conforma de un resumen por caso que permite ver de forma general, apreciar el comportamiento de los casos analizados.
- c) Y el tercer bloque se presenta un concentrado de todos los casos para poder apreciar de forma más general

3.1 Cálculos particulares

DATOS:

$f'_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$
 $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ (AC. LONG)
 $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ ESTRIBOS
 $f'_c = 170.0 \text{ N/mm}^2$
 $E_s = 2040000 \text{ Kg/cm}^2$
 $E_c = 221359 \text{ Kg/cm}^2$
 $F_R \text{ Flex} = 0.9$
 $\rho_{\min} = 0.01$ $\rho_{\max} = 0.06$

$\beta_1 = 0.850$
 $\alpha_y = 0.00206$
 $H = 40.00$
 $B = 40.00$
 $d = 35.00$
 $r = 5.0$
 $d' = 5.0$



h = 40.00

b = 40.00

AREAS DE ACERO

As1 =	Con	3.00	Vs #	4	(as = 1.27cm2)	As = 3.81cm2	Ast = 3.81cm2	5.00
As2 =	Con	2.00	Vs #	4	(as = 1.27cm2)	As = 2.54cm2	Ast = 2.54cm2	20.00
As3 =	Con	3.00	Vs #	4	(as = 1.27cm2)	As = 3.81cm2	Ast = 3.81cm2	35.00
As4 =	Con	2.00	Vs #	3.90	(as = 1.20cm2)	As = 2.40cm2	Ast = 2.40cm2	40.00

ε₀ =	0.002	(Punto Máx. Esfzo)	ρ =	0.63500%	e =	20.000 cm
------------------------	-------	--------------------	------------	----------	------------	-----------

ε_c (Variaciones)

1 0.0006

2 0.0012

3 0.0018

4 0.0024

5 0.003

6 0.002238173

Fluencia entre
estos puntos

Punto de cedencia

As4 = Dos bandas Sika CarboDur S1012 (1.2cm2/banda)

PRIMER PUNTO CURVA M-C

y = 17.1840987 cm (Prof. Eje Neutro)

No. Franjas = 10

Ancho franja = 1.71840987 cm

ELEMENTO	AREA	y/	ε _i	σ _i	Fi	Mi
AC1	68.73639481	0.859204935	0.00057000	132	9059	173399
AC2	68.73639481	2.577614805	0.00051000	120	8229	143366
AC3	68.73639481	4.296024675	0.00045000	107	7360	115585
AC4	68.73639481	6.014434545	0.00039000	94	6456	90295
AC5	68.73639481	7.732844416	0.00033000	80	5520	67720
AC6	68.73639481	9.451254286	0.00027000	66	4557	48067
AC7	68.73639481	11.16966416	0.00021000	52	3569	31518
AC8	68.73639481	12.88807403	0.00015000	37	2563	18229
AC9	68.73639481	14.6064839	0.00009000	22	1543	8325
AC10	68.73639481	16.32489377	0.00003000	7	515	1894
AS1	3.81	5.00	0.00042542	868	3307	49598
AS2	2.54	20.00	-0.00009832	-201	-509	0
AS3	3.81	35.00	-0.00062206	-1269	-4835	72523
AS4	2.40	40.00	-0.00079664	-1314	-3155	63094

44180
M (ton-m)

883613
8.84

Excent. e = 20.000 cm

Curvatura = 0.000349 rad/cm

φ = 0.0035 rad/m

SEGUNDO PUNTO CURVA M-C

y = 17.47670396 cm (Prof. Eje Neutro)

No. Franjas = 10

Ancho franja = 1.747670396 cm

ELEMENTO	AREA	y/	ε _i	σ _i	Fi	Mi
AC1	69.90681584	0.873835198	0.00114000	215	15038	287613
AC2	69.90681584	2.621505594	0.00102000	202	14147	245848
AC3	69.90681584	4.36917599	0.00090000	187	13080	204456
AC4	69.90681584	6.116846386	0.00078000	169	11832	164268
AC5	69.90681584	7.864516782	0.00066000	149	10402	126232
AC6	69.90681584	9.612187178	0.00054000	126	8796	91373
AC7	69.90681584	11.35985757	0.00042000	101	7030	60742
AC8	69.90681584	13.10752797	0.00030000	73	5128	35342
AC9	69.90681584	14.85519837	0.00018000	45	3121	16055
AC10	69.90681584	16.60286876	0.00006000	15	1048	3559
AS1	3.81	5.00	0.00085669	1748	6659	99878
AS2	2.54	20.00	-0.00017326	-353	-898	0
AS3	3.81	35.00	-0.00120320	-2455	-9352	140276
AS4	2.40	40.00	-0.00154651	-2552	-6124	122484

79906
M (ton-m)

1598124
15.98

Excent. e = 20.000 cm

Curvatura = 0.0000687 rad/cm

φ = 0.0069 rad/m

TERCER PUNTO CURVA M-C

$y = 17.88878415$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.788878415 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	s_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	71.55513661	0.894439208	0.00171000	247	17672	337624
AC2	71.55513661	2.683317623	0.00153000	241	17266	298983
AC3	71.55513661	4.472196038	0.00135000	232	16591	257617
AC4	71.55513661	6.261074453	0.00117000	218	15593	214237
AC5	71.55513661	8.049952869	0.00099000	199	14225	169984
AC6	71.55513661	9.838831284	0.00081000	174	12448	126487
AC7	71.55513661	11.6277097	0.00063000	143	10253	85838
AC8	71.55513661	13.41658811	0.00045000	107	7662	50443
AC9	71.55513661	15.20546653	0.00027000	66	4744	22743
AC10	71.55513661	16.99434494	0.00009000	22	1607	4829
AS1	3.81	5.00	0.00129689	2646	10080	151199
AS2	2.54	20.00	-0.00021243	-433	-1101	0
AS3	3.81	35.00	-0.00172176	-3512	-13382	200733
AS4	2.40	40.00	-0.00222487	-3671	-8810	176210
					104845	2096927

Excent. e = 20.000 cm
 Curvatura = 0.00010 rad/cm
 $\varphi = 0.0101$ rad/m
M (ton-m) 20.97

CUARTO PUNTO CURVA M-C

$y = 18.17507867$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.817507867 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	s_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	72.70031468	0.908753934	0.00228000	248	18020	344027
AC2	72.70031468	2.726261801	0.00204000	250	18172	313890
AC3	72.70031468	4.543769668	0.00180000	249	18075	279366
AC4	72.70031468	6.361277535	0.00156000	242	17628	240425
AC5	72.70031468	8.178785402	0.00132000	230	16712	197551
AC6	72.70031468	9.996293269	0.00108000	209	15197	152031
AC7	72.70031468	11.81380114	0.00084000	179	12978	106239
AC8	72.70031468	13.631309	0.00060000	138	10005	63716
AC9	72.70031468	15.44881687	0.00036000	87	6338	28844
AC10	72.70031468	17.26632474	0.00012000	30	2173	5941
AS1	3.81	5.00	0.00173976	3549	13522	202831
AS2	2.54	20.00	-0.00024098	-492	-1249	0
AS3	3.81	35.00	-0.00222171	-4200	-16002	240030
AS4	2.40	40.00	-0.00288196	-4755	-11413	228251
					120156	2403143

Excent. e = 20.000 cm
 Curvatura = 0.00013 rad/cm
 $\varphi = 0.0132$ rad/m
M (ton-m) 24.03

QUINTO PUNTO CURVA M-C

$y = 18.17250648$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.817250648 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	s_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	72.69002592	0.908625324	0.00285000	235	17089	326261
AC2	72.69002592	2.725875972	0.00255000	243	17649	304873
AC3	72.69002592	4.54312662	0.00225000	248	18047	278953
AC4	72.69002592	6.360377268	0.00195000	250	18167	247787
AC5	72.69002592	8.177627916	0.00165000	245	17841	210927
AC6	72.69002592	9.994878565	0.00135000	232	16854	168625
AC7	72.69002592	11.81212921	0.00105000	206	14958	122476
AC8	72.69002592	13.62937986	0.00075000	164	11949	76123
AC9	72.69002592	15.44663051	0.00045000	107	7784	35442
AC10	72.69002592	17.26388116	0.00015000	37	2711	7417
AS1	3.81	5.00	0.00217458	4200	16002	240030
AS2	2.54	20.00	-0.00030169	-615	-1563	0
AS3	3.81	35.00	-0.00277796	-4200	-16002	240030
AS4	2.40	40.00	-0.00360338	-5946	-14269	285388
					127216	2544330

Excent. e = 20.000 cm
 Curvatura = 0.00017 rad/cm
 $\varphi = 0.0165$ rad/m
M (ton-m) 25.44 kg-cm

SEXTO PUNTO CURVA M-C

$y = 18.23044203$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.823044203 cm

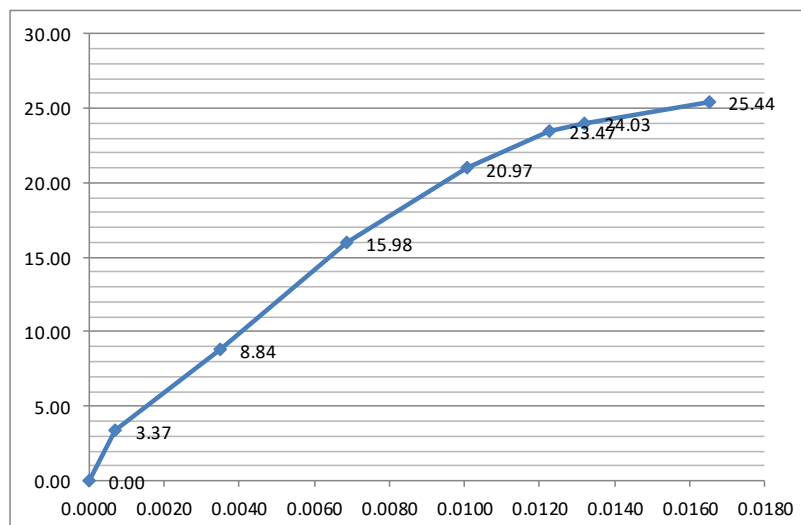
ELEMENTO	AREA	y_i	e_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	72.92176813	0.911522102	0.00212626	250	18196	347340
AC2	72.92176813	2.734566305	0.00190245	250	18208	314363
AC3	72.92176813	4.557610508	0.00167863	246	17954	277257
AC4	72.92176813	6.380654711	0.00145481	238	17345	236221
AC5	72.92176813	8.203698915	0.00123100	223	16276	191993
AC6	72.92176813	10.02674312	0.00100718	201	14647	146077
AC7	72.92176813	11.84978732	0.00078336	170	12382	100912
AC8	72.92176813	13.67283152	0.00055954	130	9460	59857
AC9	72.92176813	15.49587573	0.00033573	82	5953	26812
AC10	72.92176813	17.31891993	0.00011191	28	2034	5453
AS1	3.81	5.00	0.00162432	3314	12625	189373
AS2	2.54	20.00	-0.00021725	-443	-1126	0
AS3	3.81	35.00	-0.00205882	-4200	-16002	240029
AS4	2.40	40.00	-0.00267267	-4410	-10584	211676
					117367	2347363
					M (ton-m)	23.47
Excent. e =	20.000	cm				kg-cm
Curvatura =	0.00012	rad/cm				
$\phi =$	0.0123	rad/m				

PUNTO DE CURVA M-C, CORRESPONDIENTE AL AGRIETAMIENTO DEL CONCRETO

Concreto clase = 1
 Módulo de ruptura $f_f = 31.62$ kg-cm²
 $I_0 = 213333.33$ cm⁴
 $h_2 = 20.00$ cm
 $M_{ag} = \frac{\overline{f_f} I_0}{h_2} = 337309.62$ kg-cm
 $Mag = 3.37$ ton-m

Curvatura = 0.00001 rad/cm
 $\phi = 0.0007$ rad/m

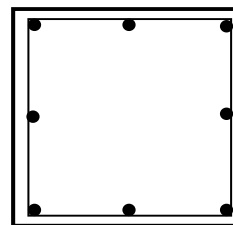
ϕ	M
0.0165	25.44
0.0132	24.03
0.0123	23.47
0.0101	20.97
0.0069	15.98
0.0035	8.84
0.0007	3.37
0.0000	0.00



Ductilidad = 1.34

DATOS:

$f'_c =$	250 Kg/cm ²	$\beta_1 =$	0.850
$f_y =$	4200 Kg/cm ² (AC. LONG)	$\epsilon_y =$	0.00206
$f_y =$	4200 Kg/cm ² ESTRIBOS	$H =$	40.00
$f'_c =$	170.0 N/mm ²	$B =$	40.00
$E_s =$	204000 Kg/cm ²	$d =$	35.00
$E_c =$	221359 Kg/cm ²	$r =$	5.0
$F_R \text{ Flex} =$	0.9	$d' =$	5.0
$\rho_{\min} =$	0.01		
$\rho_{\max} =$	0.06		



AREAS DE ACERO

As1= Con	3.00	Vs #	4	(as = 1.27cm2)	As = 3.81cm2	Ast=3.81cm2	5.00
As2= Con	2.00	Vs #	4	(as = 1.27cm2)	As = 2.54cm2	Ast=2.54cm2	20.00
As3= Con	3.00	Vs #	4	(as = 1.27cm2)	As = 3.81cm2	Ast=3.81cm2	35.00
As4= Con	2.00	Vs #	3.90	(as = 1.20cm2)	As = 2.40cm2	Ast=2.40cm2	40.00
s0=	0.002	(Punto M. Esfzo)	r=	0.63500%	e=	40.000	cm
ec (Variaciones)		As4= Dos bandas Sika CarboDur S1012 (1.2cm2/banda)					
1	0.0006	Fluencia entre estos puntos					
2	0.0012						
3	0.0018						
4	0.0024						
5	0.0030						
6	0.001132735	Punto de cedencia					

PRIMER PUNTO CURVA M-C

$y =$	12.04227711 cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas =	10	
Ancho franja =	1.204227711 cm	

ELEMENTO	AREA	yi	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	48.16910844	0.602113856	0.00057000	132	6348	123146
AC2	48.16910844	1.806341567	0.00051000	120	5767	104915
AC3	48.16910844	3.010569278	0.00045000	107	5158	87630
AC4	48.16910844	4.214796989	0.00039000	94	4524	71419
AC5	48.16910844	5.4190247	0.00033000	80	3869	56408
AC6	48.16910844	6.623252411	0.00027000	66	3193	42715
AC7	48.16910844	7.827480122	0.00021000	52	2501	30447
AC8	48.16910844	9.031707833	0.00015000	37	1796	19702
AC9	48.16910844	10.23593554	0.00009000	22	1082	10561
AC10	48.16910844	11.44016326	0.00003000	7	361	3092
AS1	3.81	5.00	0.00035088	716	2727	40907
AS2	2.54	20.00	-0.00039649	-809	-2054	0
AS3	3.81	35.00	-0.00114386	-2333	-8891	133358
AS4	2.40	40.00	-0.00139298	-2298	-5516	110324
					20866	834625
					M (ton-m)	8.35
Excent. $e =$	40.00 cm					
Curvatura =	0.0000498 rad/cm					
$\phi =$	0.0050 rad/m					

SEGUNDO PUNTO CURVA M-C

$y =$	12.30809348 cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas =	10	
Ancho franja =	1.230809348 cm	

ELEMENTO	AREA	yi	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	49.23237393	0.615404674	0.00114000	215	10590	205291
AC2	49.23237393	1.846214022	0.00102000	202	9963	180864
AC3	49.23237393	3.07702337	0.00090000	187	9212	155892
AC4	49.23237393	4.307832718	0.00078000	169	8333	130761
AC5	49.23237393	5.538642067	0.00066000	149	7326	105938
AC6	49.23237393	6.769451415	0.00054000	126	6195	81960
AC7	49.23237393	8.000260763	0.00042000	101	4951	59411
AC8	49.23237393	9.231070111	0.00030000	73	3611	38889
AC9	49.23237393	10.46187946	0.00018000	45	2198	20962
AC10	49.23237393	11.69268881	0.00006000	15	738	6129
AS1	3.81	5.00	0.00071252	1454	5538	83069
AS2	2.54	20.00	-0.00074994	-1530	-3886	0
AS3	3.81	35.00	-0.00221239	-4200	-16002	240030
AS4	2.40	40.00	-0.00269987	-4455	-10691	213830
					38075	1523027
					M (ton-m)	15.23
Excent. $e =$	40.001 cm					
Curvatura =	0.0000975 rad/cm					
$\phi =$	0.0097 rad/m					

TERCER PUNTO CURVA M-C

$y = 11.95256003$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.195256003 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	47.81024012	0.597628001	0.00171000	247	11807	229091
AC2	47.81024012	1.792884004	0.00153000	241	11536	210040
AC3	47.81024012	2.988140007	0.00135000	232	11085	188581
AC4	47.81024012	4.18339601	0.00117000	218	10419	164791
AC5	47.81024012	5.378652013	0.00099000	199	9504	138965
AC6	47.81024012	6.573908016	0.00081000	174	8317	111669
AC7	47.81024012	7.769164019	0.00063000	143	6850	83786
AC8	47.81024012	8.964420022	0.00045000	107	5119	56496
AC9	47.81024012	10.15967602	0.00027000	66	3169	31188
AC10	47.81024012	11.35493203	0.00009000	22	1074	9281
AS1	3.81	5.00	0.00104702	2136	8138	122068
AS2	2.54	20.00	-0.00121191	-2472	-6280	0
AS3	3.81	35.00	-0.00347084	-4200	-16002	240030
AS4	2.40	40.00	-0.00422381	-6969	-16726	334526
					48012	1920514
Excent. e = 40.0006 cm					M (ton-m)	19.21
Curvatura = 0.00015 rad/cm						
$\phi = 0.0151$ rad/m						

CUARTO PUNTO CURVA M-C

$y = 12.12823043$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.212823043 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	48.51292172	0.606411521	0.00228000	248	12025	233205
AC2	48.51292172	1.819234564	0.00204000	250	12126	220457
AC3	48.51292172	3.032057607	0.00180000	249	12061	204654
AC4	48.51292172	4.24488065	0.00156000	242	11763	185332
AC5	48.51292172	5.457703693	0.00132000	230	11152	162170
AC6	48.51292172	6.670526736	0.00108000	209	10141	135178
AC7	48.51292172	7.883349779	0.00084000	179	8660	104931
AC8	48.51292172	9.096172822	0.00060000	138	6676	72795
AC9	48.51292172	10.30899587	0.00036000	87	4229	40985
AC10	48.51292172	11.52181891	0.00012000	30	1450	12295
AS1	3.81	5.00	0.00141057	2878	10964	164453
AS2	2.54	20.00	-0.00155771	-3178	-8071	0
AS3	3.81	35.00	-0.00452599	-4200	-16002	240030
AS4	2.40	40.00	-0.00551542	-9100	-21841	436821
					55333	2213306
Excent. e = 40.000 cm					M (ton-m)	22.13
Curvatura = 0.00020 rad/cm						
$\phi = 0.0198$ rad/m						

QUINTO PUNTO CURVA M-C

$y = 12.48398884$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.248398884 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	49.93595538	0.624199442	0.00285000	235	11740	227471
AC2	49.93595538	1.872598327	0.00255000	243	12124	219784
AC3	49.93595538	3.120997211	0.00225000	248	12398	209264
AC4	49.93595538	4.369396095	0.00195000	250	12480	195070
AC5	49.93595538	5.61779498	0.00165000	245	12257	176276
AC6	49.93595538	6.866193864	0.00135000	232	11578	152065
AC7	49.93595538	8.114592749	0.00105000	206	10276	122133
AC8	49.93595538	9.362991633	0.00075000	164	8209	87315
AC9	49.93595538	10.61139052	0.00045000	107	5347	50202
AC10	49.93595538	11.8597894	0.00015000	37	1862	15158
AS1	3.81	5.00	0.00179846	3669	13978	209675
AS2	2.54	20.00	-0.00180616	-3685	-9359	0
AS3	3.81	35.00	-0.00541077	-4200	-16002	240030
AS4	2.40	40.00	-0.00661231	-10910	-26185	523695
					60703	2428138
Excent. e = 40.000 cm					M (ton-m)	24.28 kg-cm
Curvatura = 0.00024 rad/cm						
$\phi = 0.0240$ rad/m						

SEXTO PUNTO CURVA M-C

$y = 12.42207938$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.242207938 cm

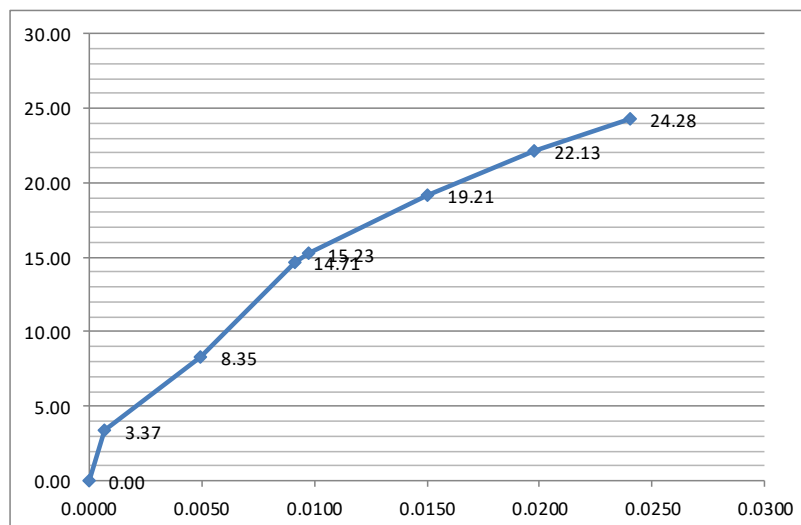
ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	49.68831753	0.621103969	0.00107610	209	10366	200888
AC2	49.68831753	1.863311907	0.00096283	195	9710	176106
AC3	49.68831753	3.105519845	0.00084955	180	8940	151038
AC4	49.68831753	4.347727784	0.00073628	162	8055	126071
AC5	49.68831753	5.589935722	0.00062300	142	7054	101656
AC6	49.68831753	6.83214366	0.00050973	120	5946	78292
AC7	49.68831753	8.074351598	0.00039646	95	4739	56511
AC8	49.68831753	9.316559536	0.00028318	69	3449	36843
AC9	49.68831753	10.55876747	0.00016991	42	2096	19784
AC10	49.68831753	11.80097541	0.00005664	14	703	5764
AS1	3.81	5.00	0.00067680	1381	5260	78905
AS2	2.54	20.00	-0.00069101	-1410	-3581	0
AS3	3.81	35.00	-0.00205882	-4200	-16002	240029
AS4	2.40	40.00	-0.00251475	-4149	-9958	199169
					36776	1471057
					M (ton-m)	kg-cm
Excent. e =	40.000	cm				
Curvatura =	0.00009	rad/cm				
$\phi =$	0.0091	rad/m				

PUNTO DE CURVA M-C, CORRESPONDIENTE AL AGRIETAMIENTO DEL CONCRETO

Concreto clase = 1
 Módulo de ruptura $f_f = 31.62$ kg-cm²
 $I_0 = 213333.33$ cm⁴
 $h_2 = 20.00$ cm
 $M_{ag} = \frac{\overline{f_f} I_g}{h_2}$ Mag = 337309.62 kg-cm
 Mag = 3.37 ton-m

Curvatura = 0.00001 rad/cm
 $\phi = 0.0007$ rad/m

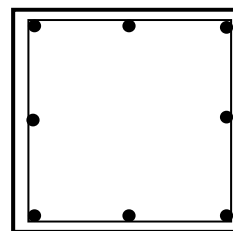
ϕ	M
0.0240	24.28
0.0198	22.13
0.0151	19.21
0.0097	15.23
0.0091	14.71
0.0050	8.35
0.0007	3.37
0.0000	0.00



Ductilidad = 2.64

DATOS:

$f'_c =$	250 Kg/cm ²	$\beta_1 =$	0.850
$f_y =$	4200 Kg/cm ² (AC. LONG)	$\epsilon_y =$	0.00206
$f_y =$	4200 Kg/cm ² ESTRIBOS	$H =$	40.00
$f''_c =$	170.0 N/mm ²	$B =$	40.00
$E_s =$	2040000 Kg/cm ²	$d =$	35.00
$E_c =$	221359 Kg/cm ²	$r =$	5.0
$F_R \text{ Flex} =$	0.9	$d' =$	5.0
$\rho_{\min} =$	0.01		
$\rho_{\max} =$	0.06		



b = 40.00

h = 40.00

AREAS DE ACERO

$As1 =$	Con	3.00	Vs #	4	(as = 1.27cm ²)	$As = 3.81\text{cm}^2$	$Ast = 3.81\text{cm}^2$	yi	5.00
$As2 =$	Con	2.00	Vs #	4	(as = 1.27cm ²)	$As = 2.54\text{cm}^2$	$Ast = 2.54\text{cm}^2$		20.00
$As3 =$	Con	3.00	Vs #	4	(as = 1.27cm ²)	$As = 3.81\text{cm}^2$	$Ast = 3.81\text{cm}^2$		35.00
$As4 =$	Con	2.00	Vs #	3.90	(as = 1.20cm ²)	$As = 2.40\text{cm}^2$	$Ast = 2.40\text{cm}^2$		40.00

$\epsilon_0 =$	0.002	(Punto Máx. Esfzo)	$p =$	0.63500%	$e =$	60.000 cm
ϵ_c (Variaciones)			$As4 =$ Dos bandas Sika CarboDur S1012 (1.2cm ² /banda)			
1	0.0006	Fluencia entre estos puntos				
2	0.0012					
3	0.0018					
4	0.0024					
5	0.003					
6	0.000941898	Punto de cedencia				

PRIMER PUNTO CURVA M-C

$y =$	10.76678972 cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas =	10	
Ancho franja =	1.076678972 cm	

ELEMENTO	AREA	yi	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	43.06715887	0.538339486	0.00057000	132	5676	110465
AC2	43.06715887	1.615018458	0.00051000	120	5156	94789
AC3	43.06715887	2.691697429	0.00045000	107	4612	79819
AC4	43.06715887	3.768376401	0.00039000	94	4045	65661
AC5	43.06715887	4.845055373	0.00033000	80	3459	52419
AC6	43.06715887	5.921734345	0.00027000	66	2855	40193
AC7	43.06715887	6.998413316	0.00021000	52	2236	29076
AC8	43.06715887	8.075092288	0.00015000	37	1606	19151
AC9	43.06715887	9.15177126	0.00009000	22	967	10491
AC10	43.06715887	10.22845023	0.00003000	7	323	3156
AS1	3.81	5.00	0.00032137	656	2498	37467
AS2	2.54	20.00	-0.00051454	-1050	-2666	0
AS3	3.81	35.00	-0.00135044	-2755	-10496	157443
AS4	2.40	40.00	-0.00162908	-2688	-6451	129023
					13819	829153

Excent. e =	60.00 cm	M (ton-m)	8.29
Curvatura =	0.0000557 rad/cm		
$\phi =$	0.0056 rad/m		

SEGUNDO PUNTO CURVA M-C

$y =$	10.56666163 cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas =	10	
Ancho franja =	1.056666163 cm	

ELEMENTO	AREA	yi	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	42.26664652	0.528333081	0.00114000	215	9092	177036
AC2	42.26664652	1.584999244	0.00102000	202	8553	157509
AC3	42.26664652	2.641665407	0.00090000	187	7909	137279
AC4	42.26664652	3.69833157	0.00078000	169	7154	116620
AC5	42.26664652	4.754997733	0.00066000	149	6289	95878
AC6	42.26664652	5.811663896	0.00054000	126	5318	75458
AC7	42.26664652	6.868330059	0.00042000	101	4251	55817
AC8	42.26664652	7.924996222	0.00030000	73	3100	37435
AC9	42.26664652	8.981662385	0.00018000	45	1887	20788
AC10	42.26664652	10.03832855	0.00006000	15	633	6310
AS1	3.81	5.00	0.00063218	1290	4914	73703
AS2	2.54	20.00	-0.00107129	-2185	-5551	0
AS3	3.81	35.00	-0.00277477	-4200	-16002	240030
AS4	2.40	40.00	-0.00334259	-5515	-13237	264733
					24310	1458596

Excent. e =	60.000 cm	M (ton-m)	14.59
Curvatura =	0.0001136 rad/cm		

TERCER PUNTO CURVA M-C

$y = 10.39933616$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.039933616 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	41.59734465	0.519966808	0.00171000	247	10273	200119
AC2	41.59734465	1.559900424	0.00153000	241	10037	185084
AC3	41.59734465	2.599834041	0.00135000	232	9645	167820
AC4	41.59734465	3.639767657	0.00117000	218	9065	148305
AC5	41.59734465	4.679701273	0.00099000	199	8269	126686
AC6	41.59734465	5.71963489	0.00081000	174	7236	103340
AC7	41.59734465	6.759568506	0.00063000	143	5960	78915
AC8	41.59734465	7.799502122	0.00045000	107	4454	54344
AC9	41.59734465	8.839435739	0.00027000	66	2758	30776
AC10	41.59734465	9.879369355	0.00009000	22	934	9453
AS1	3.81	5.00	0.00093456	1907	7264	108957
AS2	2.54	20.00	-0.00166176	-3390	-8611	0
AS3	3.81	35.00	-0.00425808	-4200	-16002	240030
AS4	2.40	40.00	-0.00512352	-8454	-20289	405783
					30994	1859611
Excent. e = 60.0000 cm					M (ton-m)	18.60
Curvatura = 0.00017 rad/cm						
$\phi = 0.0173$ rad/m						

CUARTO PUNTO CURVA M-C

$y = 10.62698109$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.062698109 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	42.50792436	0.531349054	0.00228000	248	10536	205130
AC2	42.50792436	1.594047163	0.00204000	250	10625	195561
AC3	42.50792436	2.656745272	0.00180000	249	10568	183288
AC4	42.50792436	3.719443381	0.00156000	242	10307	167807
AC5	42.50792436	4.78214149	0.00132000	230	9771	148698
AC6	42.50792436	5.844839599	0.00108000	209	8886	125783
AC7	42.50792436	6.907537708	0.00084000	179	7588	99347
AC8	42.50792436	7.970235817	0.00060000	138	5850	70371
AC9	42.50792436	9.032933926	0.00036000	87	3706	40640
AC10	42.50792436	10.09563203	0.00012000	30	1271	12585
AS1	3.81	5.00	0.00127080	2592	9877	148157
AS2	2.54	20.00	-0.00211680	-4200	-10668	0
AS3	3.81	35.00	-0.00550441	-4200	-16002	240030
AS4	2.40	40.00	-0.00663361	-10945	-26269	525382
					36046	2162778
Excent. e = 60.0000 cm					M (ton-m)	21.63
Curvatura = 0.00023 rad/cm						
$\phi = 0.0226$ rad/m						

QUINTO PUNTO CURVA M-C

$y = 10.88428498$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.088428498 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	43.53713991	0.544214249	0.00285000	235	10236	199141
AC2	43.53713991	1.632642747	0.00255000	243	10571	194157
AC3	43.53713991	2.721071245	0.00225000	248	10809	186772
AC4	43.53713991	3.809499743	0.00195000	250	10881	176166
AC5	43.53713991	4.89792824	0.00165000	245	10686	161380
AC6	43.53713991	5.986356738	0.00135000	232	10094	141461
AC7	43.53713991	7.074785236	0.00105000	206	8959	115799
AC8	43.53713991	8.163213734	0.00075000	164	7157	84713
AC9	43.53713991	9.251642232	0.00045000	107	4662	50108
AC10	43.53713991	10.34007073	0.00015000	37	1624	15683
AS1	3.81	5.00	0.00162187	3309	12606	189087
AS2	2.54	20.00	-0.00251253	-4200	-10668	0
AS3	3.81	35.00	-0.0064694	-4200	-16002	240030
AS4	2.40	40.00	-0.00802507	-13241	-31779	635586
					39835	2390082
Excent. e = 60.0000 cm					M (ton-m)	23.90
Curvatura = 0.00028 rad/cm						
						kg-cm

$\varphi=$ 0.0276 rad/m

SEXTO PUNTO CURVA M-C

$y=$ 10.98618836 cm

(Prof. Eje Neutro)

No. Franjas=10

Ancho franja=1.098618836 cm

ELEMENTO	AREA	yi	xi	xi	Fi	Mi
AC1	43.94475342	0.549309418	0.00089480	186	8191	159319
AC2	43.94475342	1.647928253	0.00080061	173	7581	139125
AC3	43.94475342	2.746547089	0.00070642	157	6900	119050
AC4	43.94475342	3.845165924	0.00061223	140	6150	99350
AC5	43.94475342	4.94378476	0.00051804	121	5333	80302
AC6	43.94475342	6.042403595	0.00042385	101	4456	62201
AC7	43.94475342	7.141022431	0.00032966	80	3526	45340
AC8	43.94475342	8.239641266	0.00023547	58	2552	30008
AC9	43.94475342	9.338260102	0.00014128	35	1544	16467
AC10	43.94475342	10.43687894	0.00004709	12	517	4945
AS1	3.81	5.00	0.00051322	1047	3989	59835
AS2	2.54	20.00	-0.00077280	-1577	-4004	0
AS3	3.81	35.00	-0.00205882	-4200	-16002	240029
AS4	2.40	40.00	-0.00248749	-4104	-9850	197009
					20883	1252980
					M (ton-m)	kg-cm

Excent. e=60.000 cm

Curvatura=0.00009 rad/cm

$\varphi=$ 0.0086 rad/m

PUNTO DE CURVA M-C, CORRESPONDIENTE AL AGRIETAMIENTO DEL CONCRETO

Concreto clase=1

Módulo de ruptura $f_r=$ 31.62 kg-cm²

$I_g=$ 213333.33 cm⁴

$h_2=$ 20.00 cm

$M_{ag} = \frac{\overline{f_r} I_g}{h_2}$

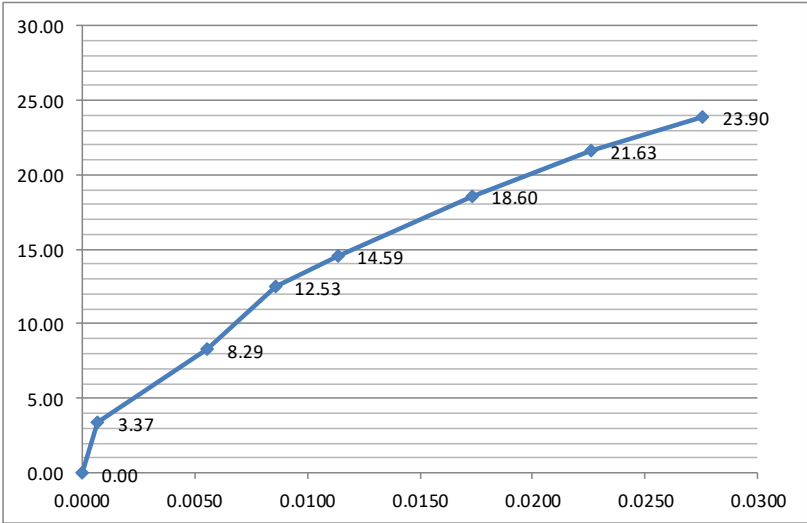
Mag=337309.62 kg-cm

Mag=3.37 ton-m

Curvatura=0.00001 rad/cm

$\varphi=$ 0.0007 rad/m

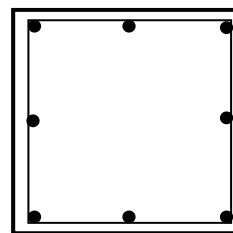
φ	M
0.0276	23.90
0.0226	21.63
0.0173	18.60
0.0114	14.59
0.0086	12.53
0.0056	8.29
0.0007	3.37
0.0000	0.00



Ductilidad= 3.21

DATOS:

$f'_c =$	250 Kg/cm ²	$\beta_1 =$	0.850
$f_y =$	4200 Kg/cm ² (AC. LONG)	$\epsilon_y =$	0.00206
$f_y =$	4200 Kg/cm ² ESTRIBOS	$H =$	40.00
$f''_c =$	170.0 N/mm ²	$B =$	40.00
$E_s =$	2040000 Kg/cm ²	$d =$	35.00
$E_c =$	221359 Kg/cm ²	$r =$	5.0
$F_R \text{ Flex} =$	0.9	$d' =$	5.0
$\rho_{\min} =$	0.01		
$\rho_{\max} =$	0.06		



AREAS DE ACERO

$As1 =$	Con	3.00	Vs #	4	(as = 1.27cm ²)	$As =$	3.81cm ²	$Ast = 3.81cm^2$	5.00
$As2 =$	Con	2.00	Vs #	4	(as = 1.27cm ²)	$As =$	2.54cm ²	$Ast = 2.54cm^2$	20.00
$As3 =$	Con	3.00	Vs #	4	(as = 1.27cm ²)	$As =$	3.81cm ²	$Ast = 3.81cm^2$	35.00
$As4 =$	Con	2.00	Vs #	3.90	(as = 1.20cm ²)	$As =$	2.40cm ²	$Ast = 2.40cm^2$	40.00
$\epsilon_0 =$	0.002	(Punto Máx. Esfzo)				$\rho =$	0.63500%	$e =$	80.000 cm
$As4 =$ Dos bandas Sika CarboDur S1012 (1.2cm ² /banda)									

 ϵ_c (Variaciones)

1	0.0006	Fluencia entre estos puntos
2	0.0012	
3	0.0018	
4	0.0024	
5	0.003	Punto de cedencia
6	0.000864515	

PRIMER PUNTO CURVA M-C

$y =$	10.19097807 cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas =	10	
Ancho franja =	1.019097807 cm	

ELEMENTO	AREA	y/	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	40.76391226	0.509548903	0.00057000	132	5372	104712
AC2	40.76391226	1.52864671	0.00051000	120	4880	90142
AC3	40.76391226	2.547744516	0.00045000	107	4365	76178
AC4	40.76391226	3.566842323	0.00039000	94	3829	62921
AC5	40.76391226	4.585940129	0.00033000	80	3274	50464
AC6	40.76391226	5.605037936	0.00027000	66	2702	38900
AC7	40.76391226	6.624135742	0.00021000	52	2117	28314
AC8	40.76391226	7.643233549	0.00015000	37	1520	18783
AC9	40.76391226	8.662331355	0.00009000	22	915	10378
AC10	40.76391226	9.681429162	0.00003000	7	306	3154
AS1	3.81	5.00	0.00030562	623	2375	35631
AS2	2.54	20.00	-0.00057751	-1178	-2992	0
AS3	3.81	35.00	-0.00146065	-2980	-11353	170291
AS4	2.40	40.00	-0.00175502	-2896	-6950	138998
					10361	828865

Excent. e = 80.000 cm

Curvatura = 0.0000589 rad/cm

 $\phi = 0.0059 \text{ rad/m}$

M (ton-m)

8.29

SEGUNDO PUNTO CURVA M-C

$y =$	9.822178618 cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas =	10	
Ancho franja =	0.982217862 cm	

ELEMENTO	AREA	y/	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	39.28871447	0.491108931	0.00114000	215	8451	164878
AC2	39.28871447	1.473326793	0.00102000	202	7951	147299
AC3	39.28871447	2.455544654	0.00090000	187	7351	128975
AC4	39.28871447	3.437762516	0.00078000	169	6650	110136
AC5	39.28871447	4.419980378	0.00066000	149	5846	91081
AC6	39.28871447	5.40219824	0.00054000	126	4944	72166
AC7	39.28871447	6.384416101	0.00042000	101	3951	53796
AC8	39.28871447	7.366633963	0.00030000	73	2882	36407
AC9	39.28871447	8.348851825	0.00018000	45	1754	20434
AC10	39.28871447	9.331069687	0.00006000	15	589	6282
AS1	3.81	5.00	0.00058914	1202	4579	68685
AS2	2.54	20.00	-0.00124345	-2537	-6443	0
AS3	3.81	35.00	-0.00307604	-4200	-16002	240030
AS4	2.40	40.00	-0.00368690	-6083	-14600	292002
					17902	1432171

Excent. e = 80.0000 cm

Curvatura = 0.0001222 rad/cm

M (ton-m)

14.32

TERCER PUNTO CURVA M-C

$y = 9.725720155$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 0.972572015 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	38.90288062	0.486286008	0.00171000	247	9608	187480
AC2	38.90288062	1.458858023	0.00153000	241	9387	174044
AC3	38.90288062	2.431430039	0.00135000	232	9020	158468
AC4	38.90288062	3.404002054	0.00117000	218	8478	140697
AC5	38.90288062	4.37657407	0.00099000	199	7734	120825
AC6	38.90288062	5.349146085	0.00081000	174	6768	99153
AC7	38.90288062	6.321718101	0.00063000	143	5574	76244
AC8	38.90288062	7.294290116	0.00045000	107	4166	52928
AC9	38.90288062	8.266862132	0.00027000	66	2579	30259
AC10	38.90288062	9.239434147	0.00009000	22	874	9400
AS1	3.81	5.00	0.00087462	1784	6798	101968
AS2	2.54	20.00	-0.00190153	-3879	-9853	0
AS3	3.81	35.00	-0.00467767	-4200	-16002	240030
AS4	2.40	40.00	-0.00560305	-9245	-22188	443762
					22941	1835258

Excent. e = 80.0000 cm

Curvatura = 0.00019 rad/cm

$\phi = 0.0185$ rad/m

M (ton-m)

18.35

CUARTO PUNTO CURVA M-C

$y = 9.850201667$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 0.985020167 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	39.40080667	0.492510083	0.00228000	248	9766	190515
AC2	39.40080667	1.47753025	0.00204000	250	9848	182414
AC3	39.40080667	2.462550417	0.00180000	249	9796	171793
AC4	39.40080667	3.447570583	0.00156000	242	9554	158138
AC5	39.40080667	4.43259075	0.00132000	230	9057	140994
AC6	39.40080667	5.417610917	0.00108000	209	8236	120107
AC7	39.40080667	6.402631083	0.00084000	179	7033	95637
AC8	39.40080667	7.38765125	0.00060000	138	5422	68386
AC9	39.40080667	8.372671417	0.00036000	87	3435	39937
AC10	39.40080667	9.357691583	0.00012000	30	1178	12534
AS1	3.81	5.00	0.00118175	2411	9185	137776
AS2	2.54	20.00	-0.00247300	-4200	-10668	0
AS3	3.81	35.00	-0.00612774	-4200	-16002	240030
AS4	2.40	40.00	-0.00734599	-12121	-29090	581803
					26751	2140065

Excent. e = 80.0000 cm

Curvatura = 0.00024 rad/cm

$\phi = 0.0244$ rad/m

M (ton-m)

21.40

QUINTO PUNTO CURVA M-C

$y = 10.11924263$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.011924263 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	40.47697054	0.505962132	0.00285000	235	9516	185508
AC2	40.47697054	1.517886395	0.00255000	243	9828	181638
AC3	40.47697054	2.529810659	0.00225000	248	10049	175566
AC4	40.47697054	3.541734922	0.00195000	250	10116	166492
AC5	40.47697054	4.553659185	0.00165000	245	9935	153457
AC6	40.47697054	5.565583449	0.00135000	232	9385	135466
AC7	40.47697054	6.577507712	0.00105000	206	8329	111801
AC8	40.47697054	7.589431976	0.00075000	164	6654	82577
AC9	40.47697054	8.601356239	0.00045000	107	4334	49404
AC10	40.47697054	9.613280503	0.00015000	37	1509	15678
AS1	3.81	5.00	0.00151768	3096	11796	176940
AS2	2.54	20.00	-0.00292930	-4200	-10668	0
AS3	3.81	35.00	-0.00737627	-4200	-16002	240030
AS4	2.40	40.00	-0.00885859	-14617	-35080	701601
					29702	2376158

Excent. e = 80.0000 cm

Curvatura = 0.00030 rad/cm

M (ton-m)

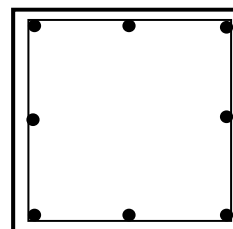
23.76

kg-cm

DATOS:

$f'_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$
 $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ (AC. LONG)
 $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ ESTRIBOS
 $f''_c = 170.0 \text{ N/mm}^2$
 $E_s = 2040000 \text{ Kg/cm}^2$
 $E_c = 221359 \text{ Kg/cm}^2$
 $F_R \text{ Flex} = 0.9$
 $\rho_{\min} = 0.01$ $\rho_{\max} = 0.06$

$\beta_1 = 0.850$
 $\alpha_y = 0.00206$
 $H = 40.00$
 $B = 40.00$
 $d = 35.00$
 $r = 5.0$
 $d' = 5.0$



b = 40.00

h = 40.00

AREAS DE ACERO

As1 = Con	3.00	Vs #	4	(as = 1.27cm ²)	As = 3.81cm ²	Ast = 3.81cm ²	yi
As2 = Con	2.00	Vs #	4	(as = 1.27cm ²)	As = 2.54cm ²	Ast = 2.54cm ²	20.00
As3 = Con	3.00	Vs #	4	(as = 1.27cm ²)	As = 3.81cm ²	Ast = 3.81cm ²	35.00
As4 = Con	2.00	Vs #	3.90	(as = 1.20cm ²)	As = 2.40cm ²	Ast = 2.40cm ²	40.00

$\epsilon_0 = 0.002$ (Punto M. Esfzo) $\rho = 0.63500\%$ $e = 100.000 \text{ cm}$
 ϵ_c (Variaciones) **As4 = Dos bandas Sika CarboDur S1012 (1.2cm²/banda)**

1 0.0006
 2 0.0012
 3 0.0018
 4 0.0024
 5 0.003
 6 0.00082259 Punto de cedencia

Fluencia entre
estos puntos

PRIMER PUNTO CURVA M-C

$y = 9.8627316 \text{ cm}$ (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 0.98627316 cm

ELEMENTO	AREA	yi	ei	ci	Fi	Mi
AC1	39.4509264	0.49313658	0.00057000	132	5199	101425
AC2	39.4509264	1.47940974	0.00051000	120	4723	87471
AC3	39.4509264	2.4656829	0.00045000	107	4224	74071
AC4	39.4509264	3.45195606	0.00039000	94	3706	61320
AC5	39.4509264	4.43822922	0.00033000	80	3168	49307
AC6	39.4509264	5.42450238	0.00027000	66	2615	38119
AC7	39.4509264	6.41077554	0.00021000	52	2049	27839
AC8	39.4509264	7.3970487	0.00015000	37	1471	18541
AC9	39.4509264	8.38332186	0.00009000	22	886	10291
AC10	39.4509264	9.36959502	0.00003000	7	296	3145
AS1	3.81	5.00	0.00029582	603	2299	34489
AS2	2.54	20.00	-0.00061670	-1258	-3196	0
AS3	3.81	35.00	-0.00152923	-3120	-11886	178287
AS4	2.40	40.00	-0.00183340	-3025	-7260	145206
					8295	829508

Excent. e = 100.000 cm
 Curvatura = 0.0000608 rad/cm
 $\phi = 0.0061 \text{ rad/m}$

M (ton-m) 8.30

SEGUNDO PUNTO CURVA M-C

$y = 9.410403516 \text{ cm}$ (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 0.941040352 cm

ELEMENTO	AREA	yi	ei	ci	Fi	Mi
AC1	37.64161406	0.470520176	0.00114000	215	8097	158132
AC2	37.64161406	1.411560527	0.00102000	202	7617	141594
AC3	37.64161406	2.352600879	0.00090000	187	7043	124293
AC4	37.64161406	3.29364123	0.00078000	169	6371	106437
AC5	37.64161406	4.234681582	0.00066000	149	5601	88300
AC6	37.64161406	5.175721934	0.00054000	126	4736	70213
AC7	37.64161406	6.116762285	0.00042000	101	3785	52554
AC8	37.64161406	7.057802637	0.00030000	73	2761	35733
AC9	37.64161406	7.998842988	0.00018000	45	1680	20165
AC10	37.64161406	8.93988334	0.00006000	15	564	6239
AS1	3.81	5.00	0.00056241	1147	4371	65569
AS2	2.54	20.00	-0.00135037	-2755	-6997	0
AS3	3.81	35.00	-0.00326315	-4200	-16002	240030
AS4	2.40	40.00	-0.00390074	-6436	-15447	308938
					14182	1418199

Excent. e = 100.000 cm
 Curvatura = 0.0001275 rad/cm

M (ton-m) 14.18

TERCER PUNTO CURVA M-C

$y = 9.350244$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 0.9350244 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	z_i	x_i	F_i	M_i
AC1	37.400976	0.4675122	0.00171000	247	9237	180415
AC2	37.400976	1.4025366	0.00153000	241	9025	167833
AC3	37.400976	2.337561	0.00135000	232	8672	153164
AC4	37.400976	3.2725854	0.00117000	218	8150	136337
AC5	37.400976	4.2076098	0.00099000	199	7435	117416
AC6	37.400976	5.1426342	0.00081000	174	6506	96669
AC7	37.400976	6.0776586	0.00063000	143	5359	74609
AC8	37.400976	7.012683	0.00045000	107	4005	52012
AC9	37.400976	7.9477074	0.00027000	66	2479	29882
AC10	37.400976	8.8827318	0.00009000	22	840	9337
AS1	3.81	5.00	0.00083746	1708	6509	97636
AS2	2.54	20.00	-0.00205017	-4182	-10623	0
AS3	3.81	35.00	-0.00493779	-4200	-16002	240030
AS4	2.40	40.00	-0.00590033	-9736	-23365	467306
					18226	1822647
Excent. e=	100.000	cm			M (ton-m)	18.23
Curvatura=	0.00019	rad/cm				
$\phi =$		0.0193	rad/m			

CUARTO PUNTO CURVA M-C

$y = 9.415138532$ cm (Prof. Eje Neutro)

No. Franjas = 10

Ancho franja = 0.941513853 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	z_i	x_i	F_i	M_i
AC1	37.66055413	0.470756927	0.00228000	248	9335	182303
AC2	37.66055413	1.41227078	0.00204000	250	9413	174972
AC3	37.66055413	2.353784633	0.00180000	249	9363	165224
AC4	37.66055413	3.295298486	0.00156000	242	9132	152544
AC5	37.66055413	4.23681234	0.00132000	230	8657	136462
AC6	37.66055413	5.178326193	0.00108000	209	7873	116686
AC7	37.66055413	6.119840046	0.00084000	179	6723	93314
AC8	37.66055413	7.061353899	0.00060000	138	5183	67056
AC9	37.66055413	8.002867752	0.00036000	87	3283	39388
AC10	37.66055413	8.944381606	0.00012000	30	1126	12446
AS1	3.81	5.00	0.00112546	2296	8748	131213
AS2	2.54	20.00	-0.00269817	-4200	-10668	0
AS3	3.81	35.00	-0.00652180	-4200	-16002	240030
AS4	2.40	40.00	-0.00779634	-12864	-30874	617471
					21291	2129108
Excent. e=	100.000	cm			<i>M (ton-m)</i>	<i>21.29</i>
Curvatura=	0.00025	rad/cm				
$\phi =$		<i>0.0255 rad/m</i>				

QUINTO PUNTO CURVA M-C

$y = 9.687969593$ cm (Prof. Eje Neutro)

No. Franjas = 10

Ancho franja = 0.968796959 cm

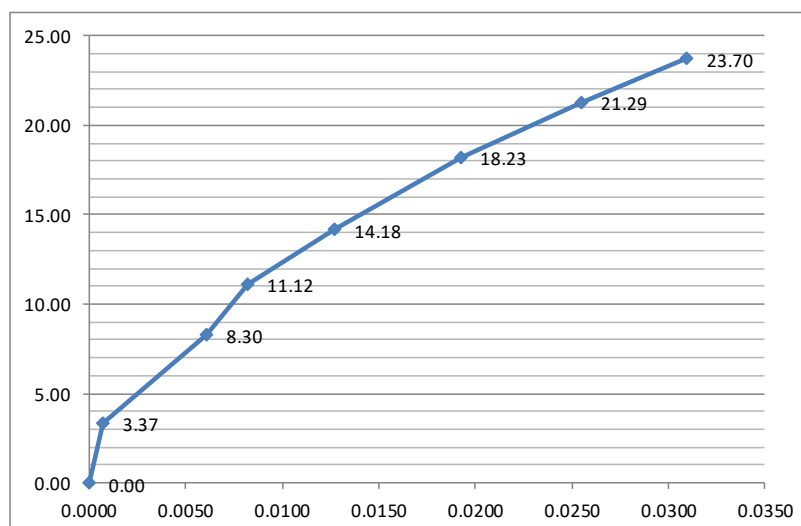
ELEMENTO	AREA	y_i	z_i	c_i	F_i	M_i	
AC1	38.75187837	0.48439848	0.00285000	235	9111	177798	
AC2	38.75187837	1.453195439	0.00255000	243	9409	174506	
AC3	38.75187837	2.421992398	0.00225000	248	9621	169121	
AC4	38.75187837	3.390789358	0.00195000	250	9685	160858	
AC5	38.75187837	4.359586317	0.00165000	245	9511	148763	
AC6	38.75187837	5.328383276	0.00135000	232	8985	131824	
AC7	38.75187837	6.297180236	0.00105000	206	7974	109272	
AC8	38.75187837	7.265977195	0.00075000	164	6370	81118	
AC9	38.75187837	8.234774154	0.00045000	107	4150	48820	
AC10	38.75187837	9.203571114	0.00015000	37	1445	15602	
AS1	3.81	5.00	0.00145169	2961	11283	169246	
AS2	2.54	20.00	-0.00319325	-4200	-10668	0	
AS3	3.81	35.00	-0.00783818	-4200	-16002	240030	
AS4	2.40	40.00	-0.00938650	-15488	-37171	743411	
					23704	2370368	kg-cm
Excent. e=	100.000	cm			M (ton-m)	23.70	
Curvatura=	0.00031	rad/cm					

$\phi = 0.0310 \text{ rad/m}$						
SEXTO PUNTO CURVA M-C						
$y = 9.991864686 \text{ cm}$ (Prof. Eje Neutro)						
No. Franjas= 10						
Ancho franja= 0.999186469 cm						
ELEMENTO	AREA	yi	xi	xi	Fi	Mi
AC1	39.96745874	0.499593234	0.00078146	169	6774	132097
AC2	39.96745874	1.498779703	0.00069920	156	6225	115178
AC3	39.96745874	2.497966171	0.00061694	141	5629	98515
AC4	39.96745874	3.49715264	0.00053468	125	4986	82285
AC5	39.96745874	4.496339109	0.00045242	108	4300	66673
AC6	39.96745874	5.495525577	0.00037017	89	3576	51870
AC7	39.96745874	6.494712046	0.00028791	71	2818	38062
AC8	39.96745874	7.493898514	0.00020565	51	2033	25429
AC9	39.96745874	8.493084983	0.00012339	31	1228	14133
AC10	39.96745874	9.492271452	0.00004113	10	411	4316
AS1	3.81	5.00	0.00041096	838	3194	47912
AS2	2.54	20.00	-0.00082393	-1681	-4269	0
AS3	3.81	35.00	-0.00205882	-4200	-16002	240029
AS4	2.40	40.00	-0.00247045	-4076	-9783	195660
					11122	1112161
Excent. e= 100.000 cm					M (ton-m)	kg-cm
Curvatura= 0.00008 rad/cm					11.12	
$\phi = 0.0082 \text{ rad/m}$						

PUNTO DE CURVA M-C, CORRESPONDIENTE AL AGRIETAMIENTO DEL CONCRETO

Concreto clase= 1					
Módulo de ruptura f_r =	31.62 kg-cm ²				
I_g =	213333.33 cm ⁴				
h_2 =	20.00 cm				
$M_{ag} = \frac{\overline{f_r} I_g}{h_2}$	337309.62 kg-cm				
	Mag= 3.37 ton-m				
		Curvatura= 0.00001 rad/cm			
		$\phi = 0.0007 \text{ rad/m}$			

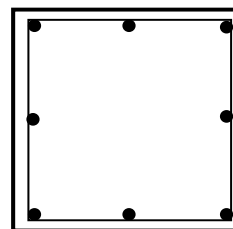
ϕ	M
0.0310	23.70
0.0255	21.29
0.0193	18.23
0.0128	14.18
0.0082	11.12
0.0061	8.30
0.0007	3.37
0.0000	0.00



Ductilidad= 3.76

DATOS:

$f'_c =$	250 Kg/cm ²	$\beta_1 =$	0.850
$f_y =$	4200 Kg/cm ² (AC. LONG)	$\epsilon_y =$	0.00206
$f_y =$	4200 Kg/cm ² ESTRIBOS	$H =$	40.00
$f'_c =$	170.0 N/mm ²	$B =$	40.00
$E_s =$	2040000 Kg/cm ²	$d =$	35.00
$E_c =$	221359 Kg/cm ²	$r =$	5.0
$F_R \text{ Flex} =$	0.9	$d' =$	5.0
$\rho_{\min} =$	0.01		
$\rho_{\max} =$	0.06		



AREAS DE ACERO

ÁREAS DE ACERO											<i>y_i</i>
As1=	Con	3.00	Vs #	4	(as= 1.27cm2)	As= 3.81cm2	Ast=3.81cm2	5.00			
As2=	Con	2.00	Vs #	4	(as= 1.27cm2)	As= 2.54cm2	Ast=2.54cm2	20.00			
As3=	Con	3.00	Vs #	4	(as= 1.27cm2)	As= 3.81cm2	Ast=3.81cm2	35.00			
As4=	Con	2.00	Vs #	3.90	(as= 1.20cm2)	As= 2.40cm2	Ast=2.40cm2	40.00			
ε₀=		0.002	(Punto Máx. Esfzo)			ρ=	0.63500%	e=	120.000	cm	
ε _c (Variaciones)											As4= Dos bandas Sika CarboDur S1012 (1.2cm2/banda)
1	0.0006		Fluencia entre estos puntos								
2	0.0012										
3	0.0018										
4	0.0024										
5	0.003										
6	0.000796279		Punto de cedencia								

PRIMER PUNTO CURVA M-C

$y =$	9.650535346 cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas=	10	
Ancho franja=	0.965053535 cm	

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	38.60214138	0.482526767	0.00057000	132	5088	99296
AC2	38.60214138	1.447580302	0.00051000	120	4621	85736
AC3	38.60214138	2.412633837	0.00045000	107	4133	72697
AC4	38.60214138	3.377687371	0.00039000	94	3626	60270
AC5	38.60214138	4.342740906	0.00033000	80	3100	48542
AC6	38.60214138	5.30779444	0.00027000	66	2559	37597
AC7	38.60214138	6.272847975	0.00021000	52	2005	27516
AC8	38.60214138	7.23790151	0.00015000	37	1439	18371
AC9	38.60214138	8.202955044	0.00009000	22	867	10226
AC10	38.60214138	9.168008579	0.00003000	7	289	3135
AS1	3.81	5.00	0.00028914	590	2247	33709
AS2	2.54	20.00	-0.00064345	-1313	-3334	0
AS3	3.81	35.00	-0.00157605	-3215	-12250	183745
AS4	2.40	40.00	-0.00188691	-3113	-7472	149443
					6919	830284
					M (ton-m)	8.30
Excent. e=	120.000 cm					
Curvatura=	0.0000622 rad/cm					
$\phi =$	0.0062 rad/m					

SEGUNDO PUNTO CURVA M-C

$y =$	9.149206788 cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas=	10	
Ancho franja=	0.914920679 cm	

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	36.59682715	0.457460339	0.00114000	215	7872	153846
AC2	36.59682715	1.372381018	0.00102000	202	7406	137955
AC3	36.59682715	2.287301697	0.00090000	187	6848	121290
AC4	36.59682715	3.202222376	0.00078000	169	6194	104049
AC5	36.59682715	4.117143055	0.00066000	149	5445	86490
AC6	36.59682715	5.032063734	0.00054000	126	4605	68925
AC7	36.59682715	5.946984412	0.00042000	101	3680	51720
AC8	36.59682715	6.861905091	0.00030000	73	2684	35267
AC9	36.59682715	7.77682577	0.00018000	45	1634	19968
AC10	36.59682715	8.691746449	0.00006000	15	548	6202
AS1	3.81	5.00	0.00054421	1110	4230	63447
AS2	2.54	20.00	-0.00142318	-2903	-7374	0
AS3	3.81	35.00	-0.00339056	-4200	-16002	240030
AS4	2.40	40.00	-0.00404636	-6676	-16024	320471
					11747	1409661
					M (ton-m)	14.10
Excent. e=	120.000 cm					
Curvatura=	0.0001312 rad/cm					

TERCER PUNTO CURVA M-C

$y = 9.065907241$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 0.906590724 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	36.26362896	0.453295362	0.00171000	247	8956	175056
AC2	36.26362896	1.359886086	0.00153000	241	8750	163102
AC3	36.26362896	2.26647681	0.00135000	232	8408	149104
AC4	36.26362896	3.173067534	0.00117000	218	7903	132977
AC5	36.26362896	4.079658258	0.00099000	199	7209	114768
AC6	36.26362896	4.986248982	0.00081000	174	6309	94716
AC7	36.26362896	5.892839707	0.00063000	143	5196	73300
AC8	36.26362896	6.799430431	0.00045000	107	3883	51259
AC9	36.26362896	7.706021155	0.00027000	66	2404	29555
AC10	36.26362896	8.612611879	0.00009000	22	814	9273
AS1	3.81	5.00	0.00080727	1647	6274	94116
AS2	2.54	20.00	-0.00217092	-4200	-10668	0
AS3	3.81	35.00	-0.00514911	-4200	-16002	240030
AS4	2.40	40.00	-0.00614184	-10134	-24322	486434
					15114	1813690
					M (ton-m)	18.14
Excent. e = 120.0000 cm						
Curvatura = 0.00020 rad/cm						
$\phi = 0.0199$ rad/m						

CUARTO PUNTO CURVA M-C

$y = 9.137116791$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 0.913711679 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	36.54846716	0.45685584	0.00228000	248	9059	177046
AC2	36.54846716	1.370567519	0.00204000	250	9135	170186
AC3	36.54846716	2.284279198	0.00180000	249	9087	160976
AC4	36.54846716	3.197990877	0.00156000	242	8862	148902
AC5	36.54846716	4.111702556	0.00132000	230	8401	133483
AC6	36.54846716	5.025414235	0.00108000	209	7640	114409
AC7	36.54846716	5.939125914	0.00084000	179	6524	91737
AC8	36.54846716	6.852837593	0.00060000	138	5030	66125
AC9	36.54846716	7.766549272	0.00036000	87	3186	38977
AC10	36.54846716	8.680260951	0.00012000	30	1093	12367
AS1	3.81	5.00	0.00108668	2217	8446	126691
AS2	2.54	20.00	-0.00285330	-4200	-10668	0
AS3	3.81	35.00	-0.00679327	-4200	-16002	240030
AS4	2.40	40.00	-0.00810660	-13376	-32102	642042
					17691	2122973
					M (ton-m)	21.23
Excent. e = 120.000 cm						
Curvatura = 0.00026 rad/cm						
$\phi = 0.0263$ rad/m						

QUINTO PUNTO CURVA M-C

$y = 9.411328765$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 0.941132877 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	37.64531506	0.470566438	0.00285000	235	8850	172844
AC2	37.64531506	1.411699315	0.00255000	243	9140	169902
AC3	37.64531506	2.352832191	0.00225000	248	9346	164938
AC4	37.64531506	3.293965068	0.00195000	250	9408	157176
AC5	37.64531506	4.235097944	0.00165000	245	9240	145665
AC6	37.64531506	5.176230821	0.00135000	232	8728	129388
AC7	37.64531506	6.117363698	0.00105000	206	7747	107545
AC8	37.64531506	7.058496574	0.00075000	164	6188	80086
AC9	37.64531506	7.999629451	0.00045000	107	4031	48374
AC10	37.64531506	8.940762327	0.00015000	37	1404	15525
AS1	3.81	5.00	0.00140618	2869	10929	163940
AS2	2.54	20.00	-0.00337530	-4200	-10668	0
AS3	3.81	35.00	-0.00815677	-4200	-16002	240030
AS4	2.40	40.00	-0.00975059	-16088	-38612	772247
					19730	2367658
					M (ton-m)	23.68
Excent. e = 120.000 cm						
Curvatura = 0.00032 rad/cm						
						kg-cm

TERCER PUNTO CURVA M-C

$y = 21.69771402$ cm (Prof. Eje Neutro)

No. Franjas = 10

Ancho franja = 2.169771402 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	z_i	x_i	F_i	M_i
AC1	86.7908561	1.084885701	0.00171000	247	21434	405430
AC2	86.7908561	3.254657104	0.00153000	241	20942	350678
AC3	86.7908561	5.424428506	0.00135000	232	20123	293308
AC4	86.7908561	7.594199909	0.00117000	218	18914	234639
AC5	86.7908561	9.763971311	0.00099000	199	17253	176605
AC6	86.7908561	11.93374271	0.00081000	174	15099	121789
AC7	86.7908561	14.10351412	0.00063000	143	12436	73327
AC8	86.7908561	16.27328552	0.00045000	107	9293	34634
AC9	86.7908561	18.44305692	0.00027000	66	5754	8958
AC10	86.7908561	20.61282832	0.00009000	22	1949	-1194
AS1	15.21	5.00	0.00138521	2826	42981	644713
AS2	10.14	20.00	0.00014084	287	2913	0
AS3	15.21	35.00	-0.00110353	-2251	-34241	513612
AS4	2.40	40.00	-0.00151832	-2505	-6013	120251
					148837	2976749
Excent. e=	20.00	cm			<i>M (ton-m)</i>	<i>29.77</i>
Curvatura=	0.00008	rad/cm				
$\phi =$		<i>0.0083 rad/m</i>				

CUARTO PUNTO CURVA M-C

$y = 22.11752831$ cm (Prof. Eje Neutro)

No. Franjas = 10

Ancho franja = 2.211752831 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	z_i	x_i	F_i	M_i
AC1	88.47011325	1.105876416	0.00228000	248	21929	414330
AC2	88.47011325	3.317629247	0.00204000	250	22113	368900
AC3	88.47011325	5.529382078	0.00180000	249	21995	318286
AC4	88.47011325	7.74113491	0.00156000	242	21452	262977
AC5	88.47011325	9.952887741	0.00132000	230	20337	204324
AC6	88.47011325	12.16464057	0.00108000	209	18494	144908
AC7	88.47011325	14.3763934	0.00084000	179	15793	88813
AC8	88.47011325	16.58814623	0.00060000	138	12175	41539
AC9	88.47011325	18.79989907	0.00036000	87	7712	9256
AC10	88.47011325	21.0116519	0.00012000	30	2645	-2675
AS1	15.21	5.00	0.00185744	3789	57634	864503
AS2	10.14	20.00	0.00022978	469	4753	0
AS3	15.21	35.00	-0.00139789	-2852	-43374	650616
AS4	2.40	40.00	-0.00194045	-3202	-7684	153684
					175973	3519458
Excent. e=	20.0000	cm			<i>M (ton-m)</i>	<i>35.19</i>
Curvatura=	0.00011	rad/cm				
$\phi =$		<i>0.0109 rad/m</i>				

QUINTO PUNTO CURVA M-C

$y = 22.63854145$ cm (Prof. Eje Neutro)

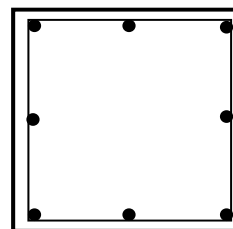
No. Franjas = 10

Ancho franja = 2.263854145 cm

ELEMENTO	AREA	yi	xi	xi	Fi	Mi	
AC1	90.55416581	1.131927073	0.00285000	235	21289	401688	
AC2	90.55416581	3.395781218	0.00255000	243	21986	365069	
AC3	90.55416581	5.659635363	0.00225000	248	22482	322406	
AC4	90.55416581	7.923489509	0.00195000	250	22631	273307	
AC5	90.55416581	10.18734365	0.00165000	245	22226	218096	
AC6	90.55416581	12.4511978	0.00135000	232	20996	158493	
AC7	90.55416581	14.71505194	0.00105000	206	18634	98482	
AC8	90.55416581	16.97890609	0.00075000	164	14886	44971	
AC9	90.55416581	19.24276024	0.00045000	107	9696	7343	
AC10	90.55416581	21.50661438	0.00015000	37	3377	-5088	
AS1	15.21	5.00	0.00233741	4200	63882	958230	
AS2	10.14	20.00	0.00034965	713	7233	0	
AS3	15.21	35.00	-0.00163811	-3342	-50828	762418	
AS4	2.40	40.00	-0.00230069	-3796	-9111	182215	
					189381	3787629	kg-cm
Excent. e=	20.00	cm			M (ton-m)	37.88	
Curvatura=	0.00013	rad/cm					

DATOS:

$f'c =$	250 Kg/cm ²	$\beta_1 =$	0.850
$f_y =$	4200 Kg/cm ² (AC. LONG)	$\epsilon_y =$	0.00206
$f_y =$	4200 Kg/cm ² ESTRIBOS	$H =$	40.00
$f'c =$	170.0 N/mm ²	$B =$	40.00
$E_s =$	2040000 Kg/cm ²	$d =$	35.00
$E_c =$	221359 Kg/cm ²	$r =$	5.0
$F_R \text{ Flex} =$	0.9	$d' =$	5.0
$\rho_{\min} =$	0.01		
$\rho_{\max} =$	0.06		



AREAS DE ACERO

$As1 =$	Con	3.00	$Vs \#$	8	(as = 5.07cm ²)	$As =$	15.21cm ²	$Ast =$	15.21cm ²	y_i	5.00
$As2 =$	Con	2.00	$Vs \#$	8	(as = 5.07cm ²)	$As =$	10.14cm ²	$Ast =$	10.14cm ²		20.00
$As3 =$	Con	3.00	$Vs \#$	8	(as = 5.07cm ²)	$As =$	15.21cm ²	$Ast =$	15.21cm ²		35.00
$As4 =$	Con	2.00	$Vs \#$	3.90	(as = 1.20cm ²)	$As =$	2.40cm ²	$Ast =$	2.40cm ²		40.00
$\epsilon_0 =$	0.002	(Punto M. Esfzo)				$p =$	2.53500%	$e =$	40.000 cm		
ϵ_c (Variaciones)											
1	0.0006										
2	0.0012										
3	0.0018										
4	0.0024										
5	0.003										
6	0.002043644	Punto de cedencia									

 $As4 =$ Dos bandas Sika CarboDur S1012 (1.2cm²/banda)

PRIMER PUNTO CURVA M-C

$y =$	16.21557367 cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas=	10	
Ancho franja=	1.621557367 cm	

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	64.86229469	0.810778684	0.00057000	132	8549	164040
AC2	64.86229469	2.432336051	0.00051000	120	7765	136413
AC3	64.86229469	4.053893418	0.00045000	107	6945	110752
AC4	64.86229469	5.675450786	0.00039000	94	6092	87271
AC5	64.86229469	7.297008153	0.00033000	80	5209	66174
AC6	64.86229469	8.91856552	0.00027000	66	4300	47648
AC7	64.86229469	10.54012289	0.00021000	52	3368	31862
AC8	64.86229469	12.16168025	0.00015000	37	2419	18959
AC9	64.86229469	13.78323762	0.00009000	22	1456	9054
AC10	64.86229469	15.40479499	0.00003000	7	486	2235
AS1	15.21	5.00	0.00041499	847	12877	193148
AS2	10.14	20.00	-0.00014003	-286	-2897	0
AS3	15.21	35.00	-0.00069505	-1418	-21566	323495
AS4	2.40	40.00	-0.00088006	-1452	-3485	69701
					31519	1260752
					M (ton-m)	12.61

Excent. e=	40.00 cm
Curvatura=	0.0000370 rad/cm
$\phi =$	0.0037 rad/m

SEGUNDO PUNTO CURVA M-C

$y =$	16.63578518 cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas=	10	
Ancho franja=	1.663578518 cm	

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	66.54314073	0.831789259	0.00114000	215	14314	274376
AC2	66.54314073	2.495367777	0.00102000	202	13466	235717
AC3	66.54314073	4.158946296	0.00090000	187	12451	197235
AC4	66.54314073	5.822524814	0.00078000	169	11263	159679
AC5	66.54314073	7.486103332	0.00066000	149	9901	123905
AC6	66.54314073	9.14968185	0.00054000	126	8373	90849
AC7	66.54314073	10.81326037	0.00042000	101	6692	61477
AC8	66.54314073	12.47683889	0.00030000	73	4881	36720
AC9	66.54314073	14.14041741	0.00018000	45	2970	17405
AC10	66.54314073	15.80399592	0.00006000	15	997	4184
AS1	15.21	5.00	0.00083933	1712	26043	390647
AS2	10.14	20.00	-0.00024267	-495	-5020	0
AS3	15.21	35.00	-0.00132468	-2702	-41103	616540
AS4	2.40	40.00	-0.00168535	-2781	-6674	133479
					58555	2342213
					M (ton-m)	23.42

Excent. e=	40.0000 cm
Curvatura=	0.0000721 rad/cm

TERCER PUNTO CURVA M-C

$y = 17.19364618$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.719364618 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ε_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	68.77458471	0.859682309	0.00171000	247	16985	325095
AC2	68.77458471	2.579046927	0.00153000	241	16595	289095
AC3	68.77458471	4.298411545	0.00135000	232	15946	250378
AC4	68.77458471	6.017776163	0.00117000	218	14987	209558
AC5	68.77458471	7.73714078	0.00099000	199	13672	167655
AC6	68.77458471	9.456505398	0.00081000	174	11964	126147
AC7	68.77458471	11.17587002	0.00063000	143	9854	86955
AC8	68.77458471	12.89523463	0.00045000	107	7364	52322
AC9	68.77458471	14.61459925	0.00027000	66	4559	24553
AC10	68.77458471	16.33396387	0.00009000	22	1544	5661
AS1	15.21	5.00	0.00127655	2604	39609	594140
AS2	10.14	20.00	-0.0029380	-599	-6077	0
AS3	15.21	35.00	-0.00186414	-3803	-57841	867621
AS4	2.40	40.00	-0.00238759	-3940	-9455	189097
					79707	3188277

Excent. e = 40.0000 cm **M (ton-m)**

Curvatura = 0.00010469 rad/cm

$\phi = 0.0105$ rad/m

CUARTO PUNTO CURVA M-C

$y = 16.87633157$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.687633157 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ε_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	67.50532629	0.843816579	0.00228000	248	16732	320531
AC2	67.50532629	2.531449736	0.00204000	250	16873	294747
AC3	67.50532629	4.219082893	0.00180000	249	16783	264853
AC4	67.50532629	5.90671605	0.00156000	242	16368	230686
AC5	67.50532629	7.594349207	0.00132000	230	15517	192503
AC6	67.50532629	9.281982365	0.00108000	209	14112	151248
AC7	67.50532629	10.96961552	0.00084000	179	12050	108820
AC8	67.50532629	12.65724868	0.00060000	138	9290	68212
AC9	67.50532629	14.34488184	0.00036000	87	5885	33279
AC10	67.50532629	16.03251499	0.00012000	30	2018	8006
AS1	15.21	5.00	0.00168894	3445	52405	786079
AS2	10.14	20.00	-0.00044422	-906	-9189	0
AS3	15.21	35.00	-0.00257739	-4200	-63882	958230
AS4	2.40	40.00	-0.00328844	-5426	-13022	260444
					91941	3677638

Excent. e = 40.0000 cm **M (ton-m)**

Curvatura = 0.00014 rad/cm

$\phi = 0.0142$ rad/m

QUINTO PUNTO CURVA M-C

$y = 16.44296962$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.644296962 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ε_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	65.77187846	0.822148481	0.00285000	235	15463	296547
AC2	65.77187846	2.466445442	0.00255000	243	15969	280000
AC3	65.77187846	4.110742404	0.00225000	248	16330	259465
AC4	65.77187846	5.755039365	0.00195000	250	16438	234154
AC5	65.77187846	7.399336327	0.00165000	245	16143	203417
AC6	65.77187846	9.043633288	0.00135000	232	15250	167083
AC7	65.77187846	10.68793025	0.00105000	206	13535	126035
AC8	65.77187846	12.33222721	0.00075000	164	10812	82903
AC9	65.77187846	13.97652417	0.00045000	107	7043	42422
AC10	65.77187846	15.62082113	0.00015000	37	2453	10741
AS1	15.21	5.00	0.00208776	4200	63882	958230
AS2	10.14	20.00	-0.00064898	-1324	-13424	0
AS3	15.21	35.00	-0.00338571	-4200	-63882	958230
AS4	2.40	40.00	-0.00429795	-7092	-17020	340398
					98990	3959623

Excent. e = 40.0001 cm **M (ton-m)** **kg-cm**

Curvatura = 0.00018 rad/cm

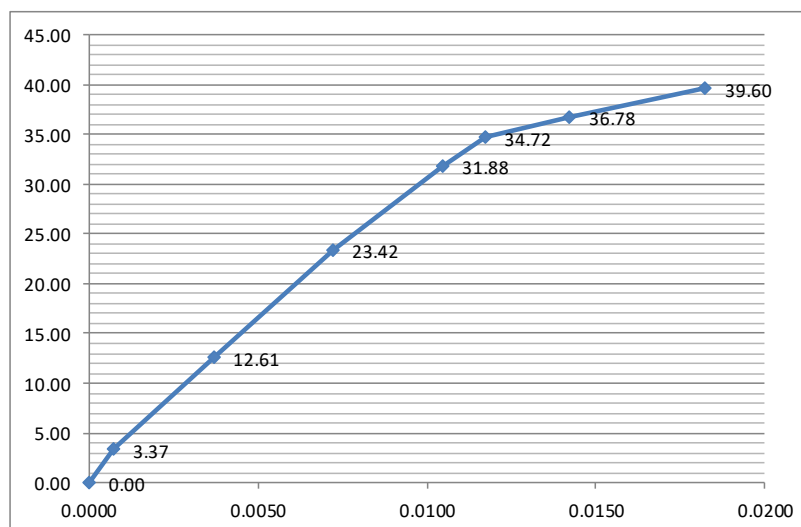
$\phi = 0.0018$ rad/m

$\phi = 0.0182 \text{ rad/m}$						
SEXTO PUNTO CURVA M-C						
$y = 17.43526783 \text{ cm}$		(Prof. Eje Neutro)				
No. Franjas = 10						
Ancho franja = 1.743526783 cm						
ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	69.74107134	0.871763392	0.00194146	250	17428	333359
AC2	69.74107134	2.615290175	0.00173710	248	17264	300122
AC3	69.74107134	4.358816959	0.00153273	241	16836	263330
AC4	69.74107134	6.102343742	0.00132837	230	16071	223348
AC5	69.74107134	7.845870525	0.00112400	214	14893	181015
AC6	69.74107134	9.589397309	0.00091964	190	13236	137791
AC7	69.74107134	11.33292409	0.00071528	159	11057	95830
AC8	69.74107134	13.07645088	0.00051091	120	8362	57896
AC9	69.74107134	14.81997766	0.00030655	75	5222	27050
AC10	69.74107134	16.56350444	0.00010218	25	1777	6106
AS1	15.21	5.00	0.00145758	2973	45226	678395
AS2	10.14	20.00	-0.00030062	-613	-6219	0
AS3	15.21	35.00	-0.00205882	-4200	-63882	958228
AS4	2.40	40.00	-0.00264488	-4364	-10474	209475
					86797	3471946
Excent. e = 40.0008 cm					M (ton-m)	kg-cm
Curvatura = 0.00012 rad/cm					34.72	
$\phi = 0.0117 \text{ rad/m}$						

PUNTO DE CURVA M-C, CORRESPONDIENTE AL AGRIETAMIENTO DEL CONCRETO

Concreto clase = 1					
Módulo de ruptura $f_f = 31.62 \text{ kg-cm}^2$					
$I_0 = 213333.33 \text{ cm}^4$					
$h_2 = 20.00 \text{ cm}$					
$M_{ag} = \frac{\overline{f_f} I_g}{h_2}$		Mag = 337309.62 kg-cm		Curvatura = 0.00001 rad/cm	
		Mag = 3.37 ton-m		$\phi = 0.0007 \text{ rad/m}$	

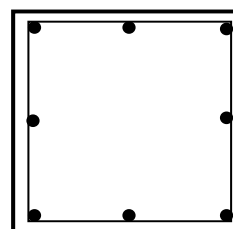
ϕ	M
0.0182	39.60
0.0142	36.78
0.0117	34.72
0.0105	31.88
0.0072	23.42
0.0037	12.61
0.0007	3.37
0.0000	0.00



Ductilidad = 1.56

DATOS:

$f'_c =$	250 Kg/cm ²	$\beta_1 =$	0.850
$f_y =$	4200 Kg/cm ² (AC. LONG)	$a_y =$	0.00206
$f_y =$	4200 Kg/cm ² ESTRIBOS	$H =$	40.00
$f''_c =$	170.0 N/mm ²	$B =$	40.00
$E_s =$	2040000 Kg/cm ²	$d =$	35.00
$E_c =$	221359 Kg/cm ²	$r =$	5.0
$F_R \text{ Flex} =$	0.9	$d' =$	5.0
$\rho_{\min} =$	0.01		
$\rho_{\max} =$	0.06		



AREAS DE ACERO

ÁREAS DE ACERO										y_i
As1=	Con	3.00	Vs #	8	(as = 5.07cm2)	As = 15.21cm2	Ast=15.21cm2	5.00		
As2=	Con	2.00	Vs #	8	(as = 5.07cm2)	As = 10.14cm2	Ast=10.14cm2	20.00		
As3=	Con	3.00	Vs #	8	(as = 5.07cm2)	As = 15.21cm2	Ast=15.21cm2	35.00		
As4=	Con	2.00	Vs #	3.90	(as = 1.20cm2)	As = 2.40cm2	Ast=2.40cm2	40.00		
ε0 =		0.002	(Punto Máx. Esfzo)		ρ =		2.53500%	e = 60.000 cm		
εc (Variaciones)										
As4= Dos bandas Sika CarboDur S1012 (1.2cm2/banda)										

 $As4 =$ Dos bandas Sika CarboDur S1012 (1.2cm²/banda)

PRIMER PUNTO CURVA M-C

$y =$	14.84291023 cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas =	10	
Ancho franja =	1.484291023 cm	

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	59.37164092	0.742145512	0.00057000	132	7825	150690
AC2	59.37164092	2.226436535	0.00051000	120	7108	126329
AC3	59.37164092	3.710727558	0.00045000	107	6357	103558
AC4	59.37164092	5.195018581	0.00039000	94	5577	82563
AC5	59.37164092	6.679309604	0.00033000	80	4768	63518
AC6	59.37164092	8.163600627	0.00027000	66	3936	46586
AC7	59.37164092	9.64789165	0.00021000	52	3083	31916
AC8	59.37164092	11.13218267	0.00015000	37	2214	19633
AC9	59.37164092	12.6164737	0.00009000	22	1333	9843
AC10	59.37164092	14.10076472	0.00003000	7	445	2626
AS1	15.21	5.00	0.00039788	812	12346	185185
AS2	10.14	20.00	-0.00020847	-425	-4312	0
AS3	15.21	35.00	-0.00081482	-1662	-25282	379237
AS4	2.40	40.00	-0.00101693	-1678	-4027	80541
					21370	1282227

Excent. $e =$ 60.00 cm

Curvatura = 0.000404 rad/cm

 $\phi =$ 0.0040 rad/m M (ton-m) 12.82

SEGUNDO PUNTO CURVA M-C

$y =$	15.27101053 cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas =	10	
Ancho franja =	1.527101053 cm	

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	61.0840421	0.763550526	0.00114000	215	13140	252764
AC2	61.0840421	2.290651579	0.00102000	202	12361	218910
AC3	61.0840421	3.817752632	0.00090000	187	11429	184954
AC4	61.0840421	5.344853684	0.00078000	169	10339	151517
AC5	61.0840421	6.871954737	0.00066000	149	9089	119322
AC6	61.0840421	8.399055789	0.00054000	126	7686	89165
AC7	61.0840421	9.926156842	0.00042000	101	6143	61883
AC8	61.0840421	11.45325789	0.00030000	73	4480	38294
AC9	61.0840421	12.98035895	0.00018000	45	2727	19140
AC10	61.0840421	14.50746	0.00006000	15	915	5028
AS1	15.21	5.00	0.00080710	1646	25043	375645
AS2	10.14	20.00	-0.00037161	-758	-7687	0
AS3	15.21	35.00	-0.00155031	-3163	-48104	721554
AS4	2.40	40.00	-0.00194321	-3206	-7695	153902
					39867	2392078

Excent. $e =$ 60.0008 cm

Curvatura = 0.0000786 rad/cm

 M (ton-m) 23.92

TERCER PUNTO CURVA M-C

$y = 15.42874414$ cm (Prof. Eje Neutro)

No. Franjas = 10

Ancho franja = 1.542874414 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	z_i	x_i	F_i	M_i
AC1	61.71497656	0.771437207	0.00171000	247	15241	293069
AC2	61.71497656	2.314311621	0.00153000	241	14891	263362
AC3	61.71497656	3.857186035	0.00135000	232	14309	230990
AC4	61.71497656	5.400060449	0.00117000	218	13449	196355
AC5	61.71497656	6.942934863	0.00099000	199	12268	160189
AC6	61.71497656	8.485809277	0.00081000	174	10736	123619
AC7	61.71497656	10.02868369	0.00063000	143	8843	88173
AC8	61.71497656	11.57155811	0.00045000	107	6608	55698
AC9	61.71497656	13.11443252	0.00027000	66	4091	28170
AC10	61.71497656	14.65730693	0.00009000	22	1386	7404
AS1	15.21	5.00	0.00121667	2482	37751	566271
AS2	10.14	20.00	-0.00053331	-1088	-11032	0
AS3	15.21	35.00	-0.00228329	-4200	-63882	958230
AS4	2.40	40.00	-0.00286661	-4730	-11352	227036
					53309	3198568
Excent. e=	60.0001	cm			<i>M (ton-m)</i>	<i>31.99</i>
Curvatura=	0.00012	rad/cm				
$\varphi =$		<i>0.0117 rad/m</i>				

CUARTO PUNTO CURVA M-C

$y = 14.64117508$ cm (Prof. Eje Neutro)

No. Franjas = 10

Ancho franja = 1.464117508 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	z_i	x_i	F_i	M_i
AC1	58.5647003	0.732058754	0.00228000	248	14516	279701
AC2	58.5647003	2.196176261	0.00204000	250	14638	260618
AC3	58.5647003	3.660293769	0.00180000	249	14560	237911
AC4	58.5647003	5.124411277	0.00156000	242	14201	211242
AC5	58.5647003	6.588528784	0.00132000	230	13462	180548
AC6	58.5647003	8.052646292	0.00108000	209	12243	146266
AC7	58.5647003	9.516763799	0.00084000	179	10454	109596
AC8	58.5647003	10.98088131	0.00060000	138	8059	72688
AC9	58.5647003	12.44499881	0.00036000	87	5105	38571
AC10	58.5647003	13.90911632	0.00012000	30	1751	10663
AS1	15.21	5.00	0.00158039	3224	49037	735556
AS2	10.14	20.00	-0.00087843	-1792	-18171	0
AS3	15.21	35.00	-0.00333724	-4200	-63882	958230
AS4	2.40	40.00	-0.00415685	-6859	-16461	329223
					59513	3570813
Excent. e=	60.0002	cm			<i>M (ton-m)</i>	<i>35.71</i>
Curvatura=	0.00016	rad/cm				
$\varphi =$	0.0164	rad/m				

QUINTO PUNTO CURVA M-C

$y = 14.38174132$ cm (Prof. Eje Neutro)

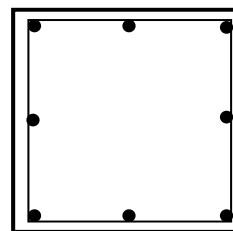
No. Franjas = 10

Ancho franja = 1.438174132 cm

ELEMENTO	AREA	yi	xi	xi	Fi	Mi	
AC1	57.52696528	0.719087066	0.00285000	235	13525	260766	
AC2	57.52696528	2.157261198	0.00255000	243	13968	249219	
AC3	57.52696528	3.59543533	0.00225000	248	14283	234299	
AC4	57.52696528	5.033609462	0.00195000	250	14377	215174	
AC5	57.52696528	6.471783594	0.00165000	245	14120	191014	
AC6	57.52696528	7.909957726	0.00135000	232	13338	161259	
AC7	57.52696528	9.348131858	0.00105000	206	11838	126097	
AC8	57.52696528	10.78630599	0.00075000	164	9456	87129	
AC9	57.52696528	12.22448012	0.00045000	107	6160	47897	
AC10	57.52696528	13.66265425	0.00015000	37	2145	13595	
AS1	15.21	5.00	0.00195701	3992	60723	910844	
AS2	10.14	20.00	-0.00117196	-2391	-24243	0	
AS3	15.21	35.00	-0.00430092	-4200	-63882	958230	
AS4	2.40	40.00	-0.00534391	-8817	-21162	423238	
					64646	3878760	kg-cm
Excent. e=	60.0004	cm			M (ton-m)	38.79	
Curvatura=	0.00021	rad/cm					

DATOS:

$f'_c =$	250 Kg/cm ²	$\beta_1 =$	0.850
$f_y =$	4200 Kg/cm ² (AC. LONG)	$\epsilon_y =$	0.00206
$f_y =$	4200 Kg/cm ² ESTRIBOS	$H =$	40.00
$f''_c =$	170.0 N/mm ²	$B =$	40.00
$E_s =$	2040000 Kg/cm ²	$d =$	35.00
$E_c =$	221359 Kg/cm ²	$r =$	5.0
$F_R \text{ Flex} =$	0.9	$d' =$	5.0
$\rho_{\min} =$	0.01		
$\rho_{\max} =$	0.06		



h = 40.00

b = 40.00

AREAS DE ACERO

$As_1 =$	Con	3.00	Vs #	8	(as = 5.07cm ²)	As = 15.21cm ²	$Ast = 15.21cm^2$	yi	5.00
$As_2 =$	Con	2.00	Vs #	8	(as = 5.07cm ²)	As = 10.14cm ²	$Ast = 10.14cm^2$		20.00
$As_3 =$	Con	3.00	Vs #	8	(as = 5.07cm ²)	As = 15.21cm ²	$Ast = 15.21cm^2$		35.00
$As_4 =$	Con	2.00	Vs #	3.90	(as = 1.20cm ²)	As = 2.40cm ²	$Ast = 2.40cm^2$		40.00
$\epsilon_0 =$	0.002	(Punto Máx. Esfzo)			$\rho =$	2.53500%	$e =$	80.000 cm	
ϵ_c (Variaciones)									
1	0.0006								
2	0.0012	Fluencia entre estos puntos							
3	0.0018								
4	0.0024								
5	0.0030								
6	0.001531282	Punto de cedencia							
$As_4 =$ Dos bandas Sika CarboDur S1012 (1.2cm ² /banda)									

PRIMER PUNTO CURVA M-C

$y =$	14.1978905 cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas =	10	
Ancho franja =	1.41978905 cm	

ELEMENTO	AREA	yi	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	56.79156198	0.709894525	0.00057000	132	7485	144383
AC2	56.79156198	2.129683574	0.00051000	120	6799	121497
AC3	56.79156198	3.549472624	0.00045000	107	6081	100039
AC4	56.79156198	4.969261673	0.00039000	94	5334	80179
AC5	56.79156198	6.389050723	0.00033000	80	4561	62081
AC6	56.79156198	7.808839772	0.00027000	66	3765	45897
AC7	56.79156198	9.228628822	0.00021000	52	2949	31765
AC8	56.79156198	10.64841787	0.00015000	37	2118	19805
AC9	56.79156198	12.06820692	0.00009000	22	1275	10115
AC10	56.79156198	13.48799597	0.00003000	7	426	2773
AS1	15.21	5.00	0.00038870	793	12061	180912
AS2	10.14	20.00	-0.00024520	-500	-5072	0
AS3	15.21	35.00	-0.00087909	-1793	-27277	409153
AS4	2.40	40.00	-0.00109039	-1799	-4318	86359
					16187	1294958
					M (ton-m)	12.95
Excent. e =	80.00 cm					
Curvatura =	0.0000423 rad/cm					
$\phi =$	0.0042 rad/m					

SEGUNDO PUNTO CURVA M-C

$y =$	14.62471049 cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas =	10	
Ancho franja =	1.462471049 cm	

ELEMENTO	AREA	yi	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	58.49884194	0.731235524	0.00114000	215	12584	242473
AC2	58.49884194	2.193706573	0.00102000	202	11838	210793
AC3	58.49884194	3.656177621	0.00090000	187	10946	178895
AC4	58.49884194	5.11864867	0.00078000	169	9901	147345
AC5	58.49884194	6.581119719	0.00066000	149	8704	116803
AC6	58.49884194	8.043590767	0.00054000	126	7361	88008
AC7	58.49884194	9.506061816	0.00042000	101	5883	61735
AC8	58.49884194	10.96853286	0.00030000	73	4291	38753
AC9	58.49884194	12.43100391	0.00018000	45	2611	19765
AC10	58.49884194	13.89347496	0.00006000	15	877	5354
AS1	15.21	5.00	0.00078974	1611	24504	367563
AS2	10.14	20.00	-0.00044106	-900	-9124	0
AS3	15.21	35.00	-0.00167185	-3411	-51875	778123
AS4	2.40	40.00	-0.00208212	-3435	-8245	164904
					30256	2420513
					M (ton-m)	24.21
Excent. e =	80.0000 cm					
Curvatura =	0.0000821 rad/cm					

TERCER PUNTO CURVA M-C

$y = 14.30747882$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.430747882 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ε_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	57.22991528	0.715373941	0.00171000	247	14134	272563
AC2	57.22991528	2.146121823	0.00153000	241	13809	246545
AC3	57.22991528	3.576869705	0.00135000	232	13269	217923
AC4	57.22991528	5.007617587	0.00117000	218	12472	186980
AC5	57.22991528	6.438365469	0.00099000	199	11377	154288
AC6	57.22991528	7.869113351	0.00081000	174	9956	120775
AC7	57.22991528	9.299861234	0.00063000	143	8200	87742
AC8	57.22991528	10.73060912	0.00045000	107	6128	56804
AC9	57.22991528	12.161357	0.00027000	66	3794	29739
AC10	57.22991528	13.59210488	0.00009000	22	1285	8235
AS1	15.21	5.00	0.00117096	2389	36333	544994
AS2	10.14	20.00	-0.00071617	-1461	-14814	0
AS3	15.21	35.00	-0.00260329	-4200	-63882	958230
AS4	2.40	40.00	-0.00323233	-5333	-12800	256001
					39260	3140819

Excent. e = 80.0000 cm **M (ton-m)**

Curvatura = 0.00013 rad/cm

$\phi = 0.0126$ rad/m

CUARTO PUNTO CURVA M-C

$y = 13.67927617$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.367927617 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ε_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	54.71710467	0.683963808	0.00228000	248	13563	261977
AC2	54.71710467	2.051891425	0.00204000	250	13677	245469
AC3	54.71710467	3.419819042	0.00180000	249	13604	225552
AC4	54.71710467	4.787746659	0.00156000	242	13268	201831
AC5	54.71710467	6.155674276	0.00132000	230	12578	174131
AC6	54.71710467	7.523601892	0.00108000	209	11438	142708
AC7	54.71710467	8.891529509	0.00084000	179	9768	108503
AC8	54.71710467	10.25945713	0.00060000	138	7530	73345
AC9	54.71710467	11.62738474	0.00036000	87	4770	39937
AC10	54.71710467	12.99531236	0.00012000	30	1636	11457
AS1	15.21	5.00	0.00152276	3106	47249	708732
AS2	10.14	20.00	-0.00110896	-2262	-22939	0
AS3	15.21	35.00	-0.00374068	-4200	-63882	958230
AS4	2.40	40.00	-0.00461792	-7620	-18287	365739
					43970	3517611

Excent. e = 80.0000 cm **M (ton-m)**

Curvatura = 0.00018 rad/cm

$\phi = 0.0175$ rad/m

QUINTO PUNTO CURVA M-C

$y = 13.50538186$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.350538186 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ε_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	54.02152745	0.675269093	0.00285000	235	12700	245433
AC2	54.02152745	2.025807279	0.00255000	243	13116	235757
AC3	54.02152745	3.376345465	0.00225000	248	13412	222960
AC4	54.02152745	4.726883652	0.00195000	250	13501	206203
AC5	54.02152745	6.077421838	0.00165000	245	13259	184603
AC6	54.02152745	7.427960024	0.00135000	232	12525	157470
AC7	54.02152745	8.77849821	0.00105000	206	11117	124745
AC8	54.02152745	10.1290364	0.00075000	164	8880	87657
AC9	54.02152745	11.47957458	0.00045000	107	5785	49287
AC10	54.02152745	12.83011277	0.00015000	37	2014	14444
AS1	15.21	5.00	0.00188933	3854	58623	879344
AS2	10.14	20.00	-0.00144267	-2943	-29843	0
AS3	15.21	35.00	-0.00477468	-4200	-63882	958230
AS4	2.40	40.00	-0.00588535	-9711	-23306	466119
					47903	3832252

Excent. e = 80.0000 cm **M (ton-m)**

Curvatura = 0.00022 rad/cm

kg-cm

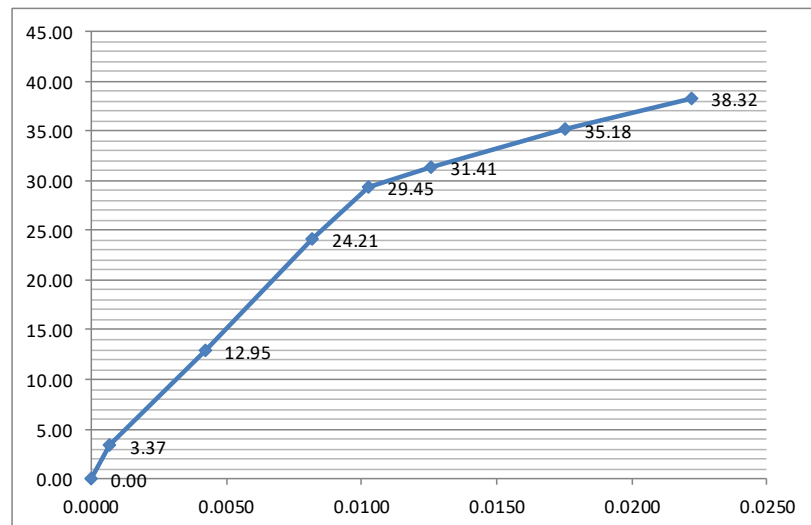
38.32

$\phi = 0.0222 \text{ rad/m}$						
SEXTO PUNTO CURVA M-C						
$y = 14.92851629 \text{ cm}$		(Prof. Eje Neutro)				
No. Franjas = 10						
Ancho franja = 1.492851629 cm						
ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	59.71406517	0.746425815	0.00145472	238	14203	273454
AC2	59.71406517	2.239277444	0.00130159	229	13650	242428
AC3	59.71406517	3.732129073	0.00114846	216	12893	209748
AC4	59.71406517	5.224980702	0.00099533	199	11909	175960
AC5	59.71406517	6.717832331	0.00084221	179	10679	141842
AC6	59.71406517	8.21068396	0.00068908	154	9195	108407
AC7	59.71406517	9.70353559	0.00053595	125	7465	76862
AC8	59.71406517	11.19638722	0.00038282	92	5513	48534
AC9	59.71406517	12.68923885	0.00022969	57	3384	24742
AC10	59.71406517	14.18209048	0.00007656	19	1141	6640
AS1	15.21	5.00	0.00101841	2078	31600	473995
AS2	10.14	20.00	-0.00052020	-1061	-10761	0
AS3	15.21	35.00	-0.00205882	-4200	-63882	958228
AS4	2.40	40.00	-0.00257169	-4243	-10184	203678
					36806	2944517
Excent. e = 80.000 cm					M (ton-m)	kg-cm
Curvatura = 0.00010 rad/cm					29.45	
$\phi = 0.0103 \text{ rad/m}$						

PUNTO DE CURVA M-C, CORRESPONDIENTE AL AGRIETAMIENTO DEL CONCRETO

Concreto clase = 1					
Módulo de ruptura $f_r = 31.62 \text{ kg-cm}^2$					
$I_g = 213333.33 \text{ cm}^4$					
$h_2 = 20.00 \text{ cm}$					
$M_{ag} = \frac{\overline{f_r} I_g}{h_2} = 337309.62 \text{ kg-cm}$					
Mag = 3.37 ton-m					
				Curvatura = 0.0000071 rad/cm	
				$\phi = 0.00071 \text{ rad/m}$	

ϕ	M
0.0222	38.32
0.0175	35.18
0.0126	31.41
0.0103	29.45
0.0082	24.21
0.0042	12.95
0.0007	3.37
0.0000	0.00

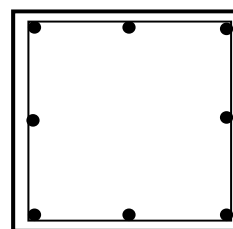


Ductilidad = 2.17

DATOS:

$f'_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$
 $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ (AC. LONG)
 $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ ESTRIBOS
 $f''_c = 170.0 \text{ N/mm}^2$
 $E_s = 2040000 \text{ Kg/cm}^2$
 $E_c = 221359 \text{ Kg/cm}^2$
 $F_R \text{ Flex} = 0.9$
 $\rho_{\min} = 0.01$ $\rho_{\max} = 0.06$

$\beta_1 = 0.850$
 $\alpha_y = 0.00206$
 $H = 40.00$
 $B = 40.00$
 $d = 35.00$
 $r = 5.0$
 $d' = 5.0$



h = 40.00

b = 40.00

AREAS DE ACERO

							yi
As1 =	Con	3.00	Vs #	8	(as = 5.07cm2)	As = 15.21cm2	Ast = 15.21cm2 5.00
As2 =	Con	2.00	Vs #	8	(as = 5.07cm2)	As = 10.14cm2	Ast = 10.14cm2 20.00
As3 =	Con	3.00	Vs #	8	(as = 5.07cm2)	As = 15.21cm2	Ast = 15.21cm2 35.00
As4 =	Con	2.00	Vs #	3.90	(as = 1.20cm2)	As = 2.40cm2	Ast = 2.40cm2 40.00
ε0 =		0.002	(Punto Máx. Esfzo)		ρ =	2.53500%	e = 100.000 cm
εc (Variaciones)				As4 = Dos bandas Sika CarboDur S1012 (1.2cm2/banda)			

1	0.0006	Fluencia entre estos puntos
2	0.0012	
3	0.0018	
4	0.0024	
5	0.0030	Punto de cedencia
6	0.001451981	

PRIMER PUNTO CURVA M-C

$y = 13.82318358 \text{ cm}$ (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.382318358 cm

ELEMENTO	AREA	yi	xi	σi	Fi	Mi
AC1	55.29273431	0.691159179	0.00057000	132	7287	140709
AC2	55.29273431	2.073477537	0.00051000	120	6619	118663
AC3	55.29273431	3.455795895	0.00045000	107	5921	97953
AC4	55.29273431	4.838114252	0.00039000	94	5194	78744
AC5	55.29273431	6.22043261	0.00033000	80	4441	61192
AC6	55.29273431	7.602750968	0.00027000	66	3665	45442
AC7	55.29273431	8.985069326	0.00021000	52	2871	31626
AC8	55.29273431	10.36738768	0.00015000	37	2062	19861
AC9	55.29273431	11.74970604	0.00009000	22	1242	10243
AC10	55.29273431	13.1320244	0.00003000	7	415	2847
AS1	15.21	5.00	0.00038297	781	11883	178246
AS2	10.14	20.00	-0.00026811	-547	-5546	0
AS3	15.21	35.00	-0.00091919	-1875	-28521	427814
AS4	2.40	40.00	-0.00113621	-1875	-4499	89988
					13033	1303328
					M (ton-m)	13.03
Excent. e =	100.00	cm				
Curvatura =	0.0000434	rad/cm				
φ =	0.0043	rad/m				

SEGUNDO PUNTO CURVA M-C

$y = 14.24786001 \text{ cm}$ (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.424786001 cm

ELEMENTO	AREA	yi	xi	σi	Fi	Mi
AC1	56.99144003	0.712393	0.00114000	215	12259	236456
AC2	56.99144003	2.137179001	0.00102000	202	11533	206013
AC3	56.99144003	3.561965002	0.00090000	187	10664	175290
AC4	56.99144003	4.986751002	0.00078000	169	9646	144820
AC5	56.99144003	6.411537003	0.00066000	149	8480	115232
AC6	56.99144003	7.836323004	0.00054000	126	7171	87227
AC7	56.99144003	9.261109004	0.00042000	101	5731	61548
AC8	56.99144003	10.685895	0.00030000	73	4180	38936
AC9	56.99144003	12.11068101	0.00018000	45	2544	20070
AC10	56.99144003	13.53546701	0.00006000	15	854	5521
AS1	15.21	5.00	0.00077888	1589	24168	362513
AS2	10.14	20.00	-0.00048446	-988	-10021	0
AS3	15.21	35.00	-0.00174781	-3566	-54232	813477
AS4	2.40	40.00	-0.00216893	-3579	-8589	171779
					24389	2438882
					M (ton-m)	24.39
Excent. e =	100.0006	cm				
Curvatura =	0.0000842	rad/cm				

TERCER PUNTO CURVA M-C

$y = 13.69081797$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.369081797 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	54.76327187	0.684540898	0.00171000	247	13525	261232
AC2	54.76327187	2.053622695	0.00153000	241	13214	237141
AC3	54.76327187	3.422704492	0.00135000	232	12697	210488
AC4	54.76327187	4.791786288	0.00117000	218	11934	181496
AC5	54.76327187	6.160868085	0.00099000	199	10886	150659
AC6	54.76327187	7.529949882	0.00081000	174	9527	118801
AC7	54.76327187	8.899031678	0.00063000	143	7847	87105
AC8	54.76327187	10.26811347	0.00045000	107	5864	57068
AC9	54.76327187	11.63719527	0.00027000	66	3630	30360
AC10	54.76327187	13.00627707	0.00009000	22	1230	8600
AS1	15.21	5.00	0.00114263	2331	35454	531807
AS2	10.14	20.00	-0.00082950	-1692	-17159	0
AS3	15.21	35.00	-0.00280162	-4200	-63882	958230
AS4	2.40	40.00	-0.00345900	-5707	-13698	273953
					31069	3106941
					M (ton-m)	31.07
Excent. e = 100.0000 cm						
Curvatura = 0.00013 rad/cm						
$\phi = 0.0131$ rad/m						

CUARTO PUNTO CURVA M-C

$y = 13.14831574$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.314831574 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	52.59326297	0.657415787	0.00228000	248	13036	252155
AC2	52.59326297	1.972247361	0.00204000	250	13146	236988
AC3	52.59326297	3.287078935	0.00180000	249	13076	218533
AC4	52.59326297	4.60191051	0.00156000	242	12753	196367
AC5	52.59326297	5.916742084	0.00132000	230	12090	170260
AC6	52.59326297	7.231573658	0.00108000	209	10994	140379
AC7	52.59326297	8.546405232	0.00084000	179	9388	107532
AC8	52.59326297	9.861236806	0.00060000	138	7238	73380
AC9	52.59326297	11.17606838	0.00036000	87	4585	40456
AC10	52.59326297	12.49089995	0.00012000	30	1572	11805
AS1	15.21	5.00	0.00148734	3034	46150	692245
AS2	10.14	20.00	-0.00125066	-2551	-25871	0
AS3	15.21	35.00	-0.00398865	-4200	-63882	958230
AS4	2.40	40.00	-0.00490132	-8087	-19409	388184
					34865	3486514
					M (ton-m)	34.87
Excent. e = 100.0004 cm						
Curvatura = 0.00018 rad/cm						
$\phi = 0.0183$ rad/m						

QUINTO PUNTO CURVA M-C

$y = 13.0195024$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.30195024 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	52.07800961	0.65097512	0.00285000	235	12244	236901
AC2	52.07800961	1.95292536	0.00255000	243	12645	228196
AC3	52.07800961	3.254875601	0.00225000	248	12930	216510
AC4	52.07800961	4.556825841	0.00195000	250	13015	200998
AC5	52.07800961	5.858776081	0.00165000	245	12782	180757
AC6	52.07800961	7.160726322	0.00135000	232	12075	155031
AC7	52.07800961	8.462676562	0.00105000	206	10717	123642
AC8	52.07800961	9.764626802	0.00075000	164	8561	87623
AC9	52.07800961	11.06657704	0.00045000	107	5576	49817
AC10	52.07800961	12.36852728	0.00015000	37	1942	14820
AS1	15.21	5.00	0.00184788	3770	57337	860052
AS2	10.14	20.00	-0.00160847	-3281	-33272	0
AS3	15.21	35.00	-0.00506482	-4200	-63882	958230
AS4	2.40	40.00	-0.00621694	-10258	-24619	492382
					38050	3804959
					M (ton-m)	38.05
Excent. e = 100.0000 cm						
Curvatura = 0.00023 rad/cm						
						kg-cm

$\varphi=$ 0.0230 rad/m

SEXTO PUNTO CURVA M-C

$y=$ 14.47514785 cm

(Prof. Eje Neutro)

No. Franjas=10

Ancho franja=1.447514785 cm

ELEMENTO	AREA	yi	si	si	Fi	Mi
AC1	57.9005914	0.723757393	0.00137938	234	13531	260819
AC2	57.9005914	2.171272178	0.00123418	223	12938	230670
AC3	57.9005914	3.618786963	0.00108899	210	12159	199172
AC4	57.9005914	5.066301748	0.00094379	193	11173	166859
AC5	57.9005914	6.513816533	0.00079859	172	9970	134459
AC6	57.9005914	7.961331318	0.00065339	148	8546	102881
AC7	57.9005914	9.408846103	0.00050819	119	6910	73185
AC8	57.9005914	10.85636089	0.00036300	88	5087	46512
AC9	57.9005914	12.30387567	0.00021780	54	3116	23979
AC10	57.9005914	13.75139046	0.00007260	18	1049	6558
AS1	15.21	5.00	0.00095044	1939	29491	442359
AS2	10.14	20.00	-0.00055419	-1131	-11464	0
AS3	15.21	35.00	-0.00205882	-4200	-63882	958228
AS4	2.40	40.00	-0.00256036	-4225	-10139	202781
					28485	2848461
					M (ton-m)	kg-cm

Excent. e=100.0000 cm

Curvatura=0.00010 rad/cm

$\varphi=$ 0.0100 rad/m

PUNTO DE CURVA M-C, CORRESPONDIENTE AL AGRIETAMIENTO DEL CONCRETO

Concreto clase=1

Módulo de ruptura $f_r=$ 31.62 kg-cm²

$I_g=$ 213333.33 cm⁴

$h_2=$ 20.00 cm

$M_{ag} = \frac{\overline{f_r} I_g}{h_2}$

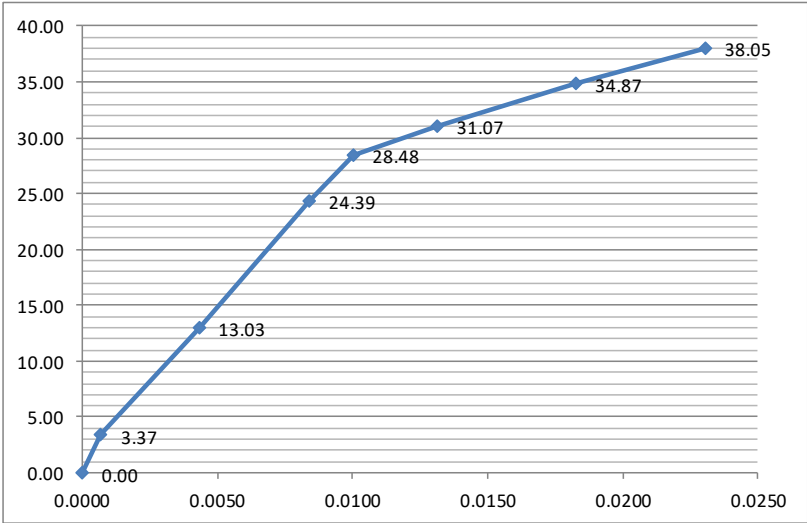
Mag=337309.62 kg-cm

Mag=3.37 ton-m

Curvatura=0.00001 rad/cm

$\varphi=$ 0.0007 rad/m

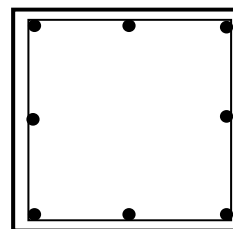
φ	M
0.0230	38.05
0.0183	34.87
0.0131	31.07
0.0100	28.48
0.0084	24.39
0.0043	13.03
0.0007	3.37
0.0000	0.00



Ductilidad= 2.30

DATOS:

$f'c =$	250 Kg/cm ²	$\beta_1 =$	0.850
$f_y =$	4200 Kg/cm ² (AC. LONG)	$\epsilon_y =$	0.00206
$f_y =$	4200 Kg/cm ² ESTRIBOS	$H =$	40.00
$f'c =$	170.0 N/mm ²	$B =$	40.00
$E_s =$	2040000 Kg/cm ²	$d =$	35.00
$E_c =$	221359 Kg/cm ²	$r =$	5.0
$F_R \text{ Flex} =$	0.9	$d' =$	5.0
$\rho_{\min} =$	0.01		
$\rho_{\max} =$	0.06		



AREAS DE ACERO

ÁREAS DE ACERO							y/	
As1=	Con	3.00	Vs #	8	(as= 5.07cm2)	As= 15.21cm2	Ast=15.21cm2	5.00
As2=	Con	2.00	Vs #	8	(as= 5.07cm2)	As= 10.14cm2	Ast=10.14cm2	20.00
As3=	Con	3.00	Vs #	8	(as= 5.07cm2)	As= 15.21cm2	Ast=15.21cm2	35.00
As4=	Con	2.00	Vs #	3.90	(as= 1.20cm2)	As= 2.40cm2	Ast=2.40cm2	40.00
εo=		0.002	(Punto Máx. Esfzo)		ρ=		2.53500%	e= 120.000 cm
εc (Variaciones)					As4= Dos bandas Sika CarboDur S1012 (1.2cm2/banda)			
1	0.0006		Fluencia entre estos puntos					
2	0.0012							
3	0.0018							
4	0.0024							
5	0.003							
6	0.0014024		Punto de cedencia					

PRIMER PUNTO CURVA M-C

$y =$	13.57831076 cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas =	10	
Ancho franja =	1.357831076 cm	

ELEMENTO	AREA	yi	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	54.31324302	0.678915538	0.00057000	132	7158	138304
AC2	54.31324302	2.036746613	0.00051000	120	6502	116800
AC3	54.31324302	3.394577689	0.00045000	107	5816	96574
AC4	54.31324302	4.752408765	0.00039000	94	5102	77786
AC5	54.31324302	6.11023984	0.00033000	80	4362	60588
AC6	54.31324302	7.468070916	0.00027000	66	3601	45122
AC7	54.31324302	8.825901991	0.00021000	52	2820	31515
AC8	54.31324302	10.18373307	0.00015000	37	2025	19881
AC9	54.31324302	11.54156414	0.00009000	22	1220	10316
AC10	54.31324302	12.89939522	0.00003000	7	407	2892
AS1	15.21	5.00	0.00037906	773	11762	176424
AS2	10.14	20.00	-0.00028376	-579	-5870	0
AS3	15.21	35.00	-0.00094658	-1931	-29371	440565
AS4	2.40	40.00	-0.00116752	-1926	-4623	92468
					10910	1309235
					M (ton-m)	13.09
Excent. e =	120.00 cm					
Curvatura =	0.0000442 rad/cm					
$\phi =$	0.0044 rad/m					

SEGUNDO PUNTO CURVA M-C

$y =$	14.00105182 cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas =	10	
Ancho franja =	1.400105182 cm	

ELEMENTO	AREA	yi	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	56.0042073	0.700052591	0.00114000	215	12047	232508
AC2	56.0042073	2.100157774	0.00102000	202	11333	202864
AC3	56.0042073	3.500262956	0.00090000	187	10479	172900
AC4	56.0042073	4.900368138	0.00078000	169	9479	143130
AC5	56.0042073	6.300473321	0.00066000	149	8333	114161
AC6	56.0042073	7.700578503	0.00054000	126	7047	86672
AC7	56.0042073	9.100683686	0.00042000	101	5632	61386
AC8	56.0042073	10.50078887	0.00030000	73	4108	39022
AC9	56.0042073	11.90089405	0.00018000	45	2500	20247
AC10	56.0042073	13.30099923	0.00006000	15	839	5623
AS1	15.21	5.00	0.00077146	1574	23937	359058
AS2	10.14	20.00	-0.00051416	-1049	-10636	0
AS3	15.21	35.00	-0.00179977	-3672	-55844	837662
AS4	2.40	40.00	-0.00222831	-3677	-8824	176482
					20431	2451715
					M (ton-m)	24.52
Excent. e =	120.0000 cm					
Curvatura =	0.0000857 rad/cm					

TERCER PUNTO CURVA M-C

$y = 13.3018875$ cm (Prof. Eje Neutro)

No. Franjas = 10

Ancho franja = 1.33018875 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	z_i	x_i	F_i	M_i
AC1	53.20755	0.665094375	0.00171000	247	13140	254067
AC2	53.20755	1.995283125	0.00153000	241	12838	231153
AC3	53.20755	3.325471875	0.00135000	232	12337	205708
AC4	53.20755	4.655660625	0.00117000	218	11595	177919
AC5	53.20755	5.985849375	0.00099000	199	10577	148230
AC6	53.20755	7.316038125	0.00081000	174	9256	117406
AC7	53.20755	8.646226875	0.00063000	143	7624	86558
AC8	53.20755	9.976415625	0.00045000	107	5697	57109
AC9	53.20755	11.30660438	0.00027000	66	3527	30664
AC10	53.20755	12.63679313	0.00009000	22	1195	8797
AS1	15.21	5.00	0.00112340	2292	34857	522862
AS2	10.14	20.00	-0.00090638	-1849	-18749	0
AS3	15.21	35.00	-0.00293617	-4200	-63882	958230
AS4	2.40	40.00	-0.00361277	-5961	-14307	286131
					25707	3084834
Excent. e=	120.0000	cm			<i>M (ton-m)</i>	<i>30.85</i>
Curvatura=	0.00014	rad/cm				
$\varphi =$		<i>0.0135 rad/m</i>				

CUARTO PUNTO CURVA M-C

$y = 12.81247341$ cm (Prof. Eje Neutro)

No. Franjas = 10

Ancho franja = 1.281247341 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	z_i	x_i	F_i	M_i
AC1	51.24989363	0.64062367	0.00228000	248	12703	245927
AC2	51.24989363	1.921871011	0.00204000	250	12810	231580
AC3	51.24989363	3.203118352	0.00180000	249	12742	214021
AC4	51.24989363	4.484365692	0.00156000	242	12427	192812
AC5	51.24989363	5.765613033	0.00132000	230	11781	167692
AC6	51.24989363	7.046860374	0.00108000	209	10713	138773
AC7	51.24989363	8.328107714	0.00084000	179	9149	106782
AC8	51.24989363	9.609355055	0.00060000	138	7053	73282
AC9	51.24989363	10.8906024	0.00036000	87	4468	40698
AC10	51.24989363	12.17184974	0.00012000	30	1532	11993
AS1	15.21	5.00	0.00146341	2985	45407	681110
AS2	10.14	20.00	-0.00134635	-2747	-27850	0
AS3	15.21	35.00	-0.00415611	-4200	-63882	958230
AS4	2.40	40.00	-0.00509270	-8403	-20167	403342
					28885	3466242
Excent. e=	119.9999	cm			<i>M (ton-m)</i>	<i>34.66</i>
Curvatura=	0.00019	rad/cm				
$\varphi =$		<i>0.0187 rad/m</i>				

QUINTO PUNTO CURVA M-C

$y = 12.71124947$ cm (Prof. Eje Neutro)

No. Franjas = 10

Ancho franja = 1.271124947 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	z_i	x_i	F_i	M_i	
AC1	50.84499787	0.635562473	0.00285000	235	11954	231476	
AC2	50.84499787	1.90668742	0.00255000	243	12345	223364	
AC3	50.84499787	3.177812367	0.00225000	248	12624	212356	
AC4	50.84499787	4.448937314	0.00195000	250	12707	197610	
AC5	50.84499787	5.72006226	0.00165000	245	12480	178208	
AC6	50.84499787	6.991187207	0.00135000	232	11789	153359	
AC7	50.84499787	8.262312154	0.00105000	206	10463	122811	
AC8	50.84499787	9.533437101	0.00075000	164	8358	87480	
AC9	50.84499787	10.80456205	0.00045000	107	5444	50064	
AC10	50.84499787	12.07568699	0.00015000	37	1896	15025	
AS1	15.21	5.00	0.00181994	3713	56470	847049	
AS2	10.14	20.00	-0.00172023	-3509	-35584	0	
AS3	15.21	35.00	-0.00526040	-4200	-63882	958230	
AS4	2.40	40.00	-0.00644046	-10627	-25504	510084	
					31559	3787117	kg-cm
Excent. e=	120.000	cm			M (ton-m)	37.87	
Curvatura=	0.00024	rad/cm					

$\varphi=$ 0.0236 rad/m

SEXTO PUNTO CURVA M-C

$y=$ 14.18137175 cm

(Prof. Eje Neutro)

No. Franjas=10

Ancho franja=1.418137175 cm

ELEMENTO	AREA	yi	xi	xi	Fi	Mi
AC1	56.725487	0.709068588	0.00133232	231	13087	252454
AC2	56.725487	2.127205763	0.00119207	220	12474	222942
AC3	56.725487	3.545342938	0.00105183	206	11685	192266
AC4	56.725487	4.963480113	0.00091159	189	10704	160949
AC5	56.725487	6.381617288	0.00077134	168	9522	129679
AC6	56.725487	7.799754463	0.00063110	143	8139	99302
AC7	56.725487	9.217891638	0.00049085	116	6566	70790
AC8	56.725487	10.63602881	0.00035061	85	4824	45171
AC9	56.725487	12.05416599	0.00021037	52	2951	23445
AC10	56.725487	13.47230316	0.00007012	18	993	6483
AS1	15.21	5.00	0.00090797	1852	28173	422595
AS2	10.14	20.00	-0.00057542	-1174	-11903	0
AS3	15.21	35.00	-0.00205882	-4200	-63882	958227
AS4	2.40	40.00	-0.00255328	-4213	-10111	202220
					23221	2786522
					M (ton-m)	27.87

Excent. e=120.0000 cm

Curvatura=0.00010 rad/cm

$\varphi=$ 0.0099 rad/m

kg-cm

PUNTO DE CURVA M-C, CORRESPONDIENTE AL AGRIETAMIENTO DEL CONCRETO

Concreto clase=1

Módulo de ruptura $f_r=$ 31.62 kg-cm²

$I_g=$ 213333.33 cm⁴

$h_2=$ 20.00 cm

$M_{ag}=\frac{\overline{f}_f I_g}{h_2}$

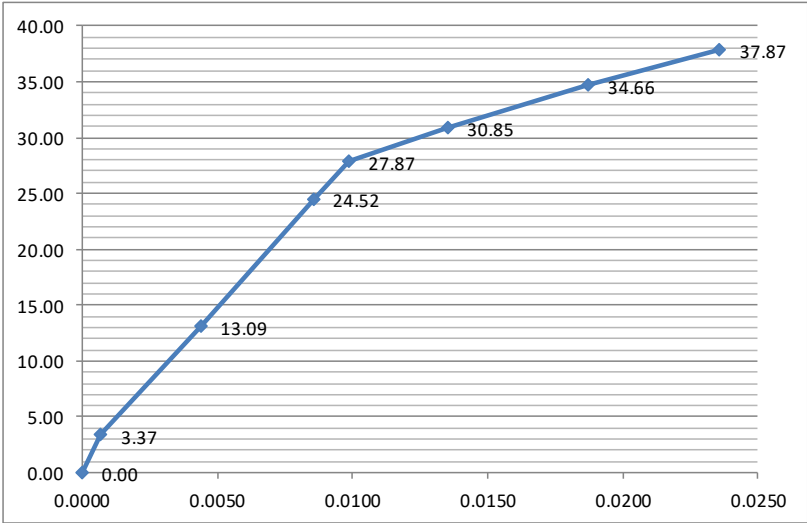
Mag=337309.62 kg-cm

Mag=3.37 ton-m

Curvatura=0.00001 rad/cm

$\varphi=$ 0.0007 rad/m

φ	M
0.0236	37.87
0.0187	34.66
0.0135	30.85
0.0099	27.87
0.0086	24.52
0.0044	13.09
0.0007	3.37
0.0000	0.00

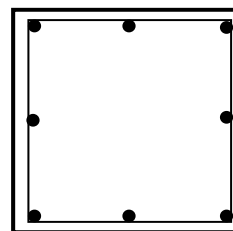


Ductilidad= 2.39

DATOS:

$f'_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$
 $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ (AC. LONG)
 $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ ESTRIBOS
 $f'_c = 170.0 \text{ N/mm}^2$
 $E_s = 2040000 \text{ Kg/cm}^2$
 $E_c = 221359 \text{ Kg/cm}^2$
 $F_R \text{ Flex} = 0.9$
 $\rho_{\min} = 0.01$ $\rho_{\max} = 0.06$

$\beta_1 = 0.850$
 $\epsilon_y = 0.00206$
 $H = 40.00$
 $B = 40.00$
 $d = 35.00$
 $r = 5.0$
 $d' = 5.0$



h = 40.00

b = 40.00

AREAS DE ACERO

	Con		Vs #		(as = 11.40cm ²)	As = 34.20cm ²	Ast = 34.20cm ²	yi
As1 =	Con	3.00		12	(as = 11.40cm ²)	As = 34.20cm ²	Ast = 34.20cm ²	5.00
As2 =	Con	2.00		12	(as = 11.40cm ²)	As = 22.80cm ²	Ast = 22.80cm ²	20.00
As3 =	Con	3.00		12	(as = 11.40cm ²)	As = 34.20cm ²	Ast = 34.20cm ²	35.00
As4 =	Con	2.00		3.90	(as = 1.20cm ²)	As = 2.40cm ²	Ast = 2.40cm ²	40.00

$\epsilon_0 = 0.002$	(Punto Máx. Esfzo)	$\rho = 5.70000\%$	$e = 20.000 \text{ cm}$
----------------------	--------------------	--------------------	-------------------------

As4 = Dos bandas Sika CarboDur S1012 (1.2cm²/banda) ϵ_c (Variaciones)

1 0.0006

2 0.0012

3 0.0018

4 0.0024

5 0.003

6 0.00824415 Punto de cedencia (fuera del rango de deformaciones)

PRIMER PUNTO CURVA M-C

 $y = 23.47134178 \text{ cm}$ (Prof. Eje Neutro)

No. Franjas = 10

Ancho franja = 2.347134178 cm

ELEMENTO	AREA	yi	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	93.88536713	1.173567089	0.00057000	132	12374	232951
AC2	93.88536713	3.520701267	0.00051000	120	11240	185220
AC3	93.88536713	5.867835446	0.00045000	107	10053	142073
AC4	93.88536713	8.214969624	0.00039000	94	8818	103926
AC5	93.88536713	10.5621038	0.00033000	80	7540	71164
AC6	93.88536713	12.90923798	0.00027000	66	6224	44132
AC7	93.88536713	15.25637216	0.00021000	52	4875	23126
AC8	93.88536713	17.60350634	0.00015000	37	3501	8390
AC9	93.88536713	19.95064052	0.00009000	22	2108	104
AC10	93.88536713	22.29777469	0.00003000	7	704	-1618
AS1	34.20	5.00	0.00047218	963	32943	494151
AS2	22.80	20.00	0.00008874	181	4127	0
AS3	34.20	35.00	-0.00029471	-601	-20561	308418
AS4	2.40	40.00	-0.00042252	-697	-1673	33464
					82274	1645501
					M (ton-m)	16.46

Excent. e = 20.00 cm

Curvatura = 0.0000256 rad/cm

 $\phi = 0.0026 \text{ rad/m}$

SEGUNDO PUNTO CURVA M-C

 $y = 23.6970768 \text{ cm}$ (Prof. Eje Neutro)

No. Franjas = 10

Ancho franja = 2.36970768 cm

ELEMENTO	AREA	yi	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	94.78830719	1.18485384	0.00114000	215	20390	383640
AC2	94.78830719	3.55456152	0.00102000	202	19182	315454
AC3	94.78830719	5.924269199	0.00090000	187	17736	249645
AC4	94.78830719	8.293976879	0.00078000	169	16044	187806
AC5	94.78830719	10.66368456	0.00066000	149	14104	131681
AC6	94.78830719	13.03339224	0.00054000	126	11927	83090
AC7	94.78830719	15.40309992	0.00042000	101	9532	43819
AC8	94.78830719	17.7728076	0.00030000	73	6953	15485
AC9	94.78830719	20.14251528	0.00018000	45	4231	-603
AC10	94.78830719	22.51222296	0.00006000	15	1421	-3569
AS1	34.20	5.00	0.00094680	1931	66057	990850
AS2	22.80	20.00	0.00018722	382	8708	0
AS3	34.20	35.00	-0.00057237	-1168	-39933	598997
AS4	2.40	40.00	-0.00082557	-1362	-3269	65385
					153081	3061680
					M (ton-m)	30.62

Excent. e = 20.0004 cm

Curvatura = 0.0000506 rad/cm

TERCER PUNTO CURVA M-C

$y = 24.00449381$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 2.400449381 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	96.01797522	1.20022469	0.00171000	247	23713	445798
AC2	96.01797522	3.600674071	0.00153000	241	23168	379944
AC3	96.01797522	6.001123451	0.00135000	232	22263	311652
AC4	96.01797522	8.401572832	0.00117000	218	20924	242690
AC5	96.01797522	10.80202221	0.00099000	199	19088	175567
AC6	96.01797522	13.20247159	0.00081000	174	16704	113545
AC7	96.01797522	15.60292097	0.00063000	143	13758	60494
AC8	96.01797522	18.00337035	0.00045000	107	10282	20528
AC9	96.01797522	20.40381973	0.00027000	66	6365	-2570
AC10	96.01797522	22.80426912	0.00009000	22	2156	-6046
AS1	34.20	5.00	0.00142507	2907	99424	1491364
AS2	22.80	20.00	0.00030028	613	13967	0
AS3	34.20	35.00	-0.00082451	-1682	-57524	862865
AS4	2.40	40.00	-0.00119944	-1979	-4750	94996
					209537	4190825
					M (ton-m)	41.91
Excent. e = 20.000 cm						
Curvatura = 0.00007 rad/cm						
$\phi = 0.0075$ rad/m						

CUARTO PUNTO CURVA M-C

$y = 24.34198967$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 2.434198967 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	97.36795867	1.217099483	0.00228000	248	24135	453316
AC2	97.36795867	3.65129845	0.00204000	250	24337	397882
AC3	97.36795867	6.085497417	0.00180000	249	24208	336835
AC4	97.36795867	8.519696384	0.00156000	242	23609	271044
AC5	97.36795867	10.95389535	0.00132000	230	22382	202469
AC6	97.36795867	13.38809432	0.00108000	209	20354	134579
AC7	97.36795867	15.82229328	0.00084000	179	17381	72614
AC8	97.36795867	18.25649225	0.00060000	138	13399	23362
AC9	97.36795867	20.69069122	0.00036000	87	8488	-5863
AC10	97.36795867	23.12489018	0.00012000	30	2911	-9095
AS1	34.20	5.00	0.00190702	3890	133049	1995739
AS2	22.80	20.00	0.00042810	873	19912	0
AS3	34.20	35.00	-0.00105083	-2144	-73314	1099712
AS4	2.40	40.00	-0.00154380	-2547	-6113	122269
					254737	5094864
					M (ton-m)	50.95
Excent. e = 20.000 cm						
Curvatura = 0.00010 rad/cm						
$\phi = 0.0099$ rad/m						

QUINTO PUNTO CURVA M-C

$y = 24.84353226$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 2.484353226 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	99.37412905	1.242176613	0.00285000	235	23363	438236
AC2	99.37412905	3.726529839	0.00255000	243	24128	392646
AC3	99.37412905	6.210883065	0.00225000	248	24672	340208
AC4	99.37412905	8.695236292	0.00195000	250	24836	280760
AC5	99.37412905	11.17958952	0.00165000	245	24391	215137
AC6	99.37412905	13.66394274	0.00135000	232	23041	145988
AC7	99.37412905	16.14829597	0.00105000	206	20449	78765
AC8	99.37412905	18.6326492	0.00075000	164	16335	22336
AC9	99.37412905	21.11700242	0.00045000	107	10641	-11886
AC10	99.37412905	23.60135565	0.00015000	37	3706	-13345
AS1	34.20	5.00	0.00239622	4200	143640	2154600
AS2	22.80	20.00	0.00058488	1193	27204	0
AS3	34.20	35.00	-0.00122645	-2502	-85567	1283507
AS4	2.40	40.00	-0.00183023	-3020	-7248	144954
					273591	5471906
					M (ton-m)	54.72
Excent. e = 20.000 cm						
Curvatura = 0.00012 rad/cm						
						kg-cm

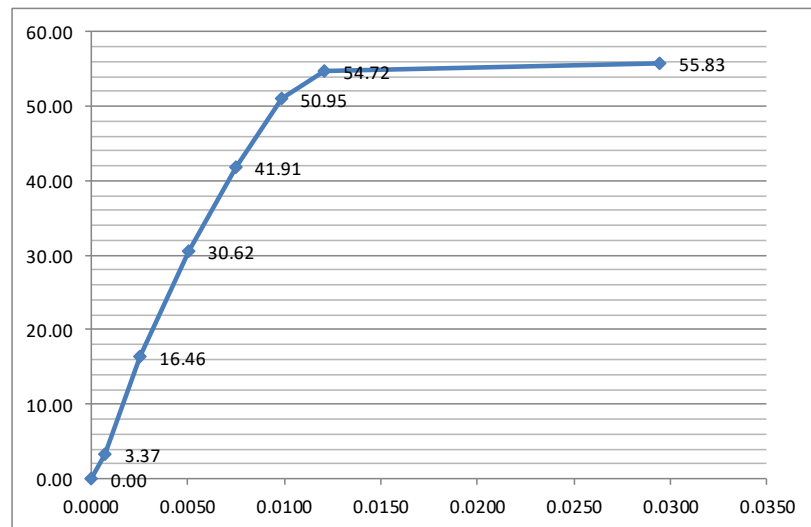
$\varphi = 0.0121 \text{ rad/m}$						
SEXTO PUNTO CURVA M-C						
$y = 28.0060875 \text{ cm}$		(Prof. Eje Neutro)				
No. Franjas = 10						
Ancho franja = 2.80060875 cm						
ELEMENTO	AREA	y_i	s_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	112.02435	1.400304375	0.00783194	120	13428	249754
AC2	112.02435	4.200913125	0.00700753	132	14782	233545
AC3	112.02435	7.001521875	0.00618311	146	16402	213197
AC4	112.02435	9.802130625	0.00535870	164	18349	187122
AC5	112.02435	12.60273938	0.00453428	185	20682	152992
AC6	112.02435	15.40334813	0.00370987	209	23397	107546
AC7	112.02435	18.20395688	0.00288545	234	26225	47101
AC8	112.02435	21.00456563	0.00206104	250	27993	-28121
AC9	112.02435	23.80517438	0.00123662	224	25054	-95336
AC10	112.02435	26.60578313	0.00041221	99	11074	-73152
AS1	34.20	5.00	0.00677230	4200	143640	2154600
AS2	22.80	20.00	0.00235675	4200	95760	0
AS3	34.20	35.00	-0.00205880	-4200	-143638	2154573
AS4	2.40	40.00	-0.00353065	-5826	-13981	279627
					279167	5583448
					M (ton-m)	kg-cm
					55.83	
Excent. e = 20.000 cm						
Curvatura = 0.00029 rad/cm						
$\varphi = 0.0294 \text{ rad/m}$						

PUNTO DE CURVA M-C, CORRESPONDIENTE AL AGRIETAMIENTO DEL CONCRETO

Concreto clase =		1
Módulo de ruptura f_r =	31.62 kg-cm ²	
I_g =	213333.33 cm ⁴	
h_2 =	20.00 cm	
$M_{ag} = \frac{\overline{f}_f I_g}{h_2}$	337309.62 kg-cm	
Mag =	3.37 ton-m	
Curvatura =		0.00001 rad/cm
$\phi =$		0.0007 rad/m

ϕ	M
0.0294	55.83
0.0121	54.72
0.0099	50.95
0.0075	41.91
0.0051	30.62
0.0026	16.46
0.0007	3.37
0.0000	0.00

se presenta la fluencia del acero, SE
TIENE FALLA FRAGIL

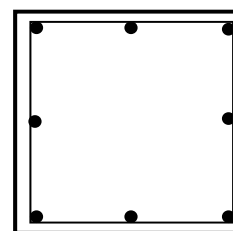


Ductilidad = 1.00

DATOS:

$f'_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$
 $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ (AC. LONG)
 $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ ESTRIBOS
 $f'_c = 170.0 \text{ N/mm}^2$
 $E_s = 2040000 \text{ Kg/cm}^2$
 $E_c = 221359 \text{ Kg/cm}^2$
 $F_R \text{ Flex} = 0.9$
 $\rho_{\min} = 0.01$ $\rho_{\max} = 0.06$

$\beta_1 = 0.850$
 $\alpha_y = 0.00206$
 $H = 40.00$
 $B = 40.00$
 $d = 35.00$
 $r = 5.0$
 $d' = 5.0$



h = 40.00

b = 40.00

AREAS DE ACERO

As1 = Con	3.00	Vs #	12	(as = 11.40cm2)	As = 34.20cm2	Ast = 34.20cm2	yi
As2 = Con	2.00	Vs #	12	(as = 11.40cm2)	As = 22.80cm2	Ast = 22.80cm2	5.00
As3 = Con	3.00	Vs #	12	(as = 11.40cm2)	As = 34.20cm2	Ast = 34.20cm2	20.00
As4 = Con	2.00	Vs #	3.90	(as = 1.20cm2)	As = 2.40cm2	Ast = 2.40cm2	35.00
							40.00

ε₀ =	0.002	(Punto Máx. Esfzo)	ρ =	5.70000%	e =	40.000 cm
------------------------	-------	--------------------	------------	----------	------------	-----------

ε_c (Variaciones)**As4 = Dos bandas Sika CarboDur S1012 (1.2cm2/banda)**

1	0.0006
2	0.0012
3	0.0018
4	0.0024
5	0.003
6	0.003044535

Punto de cedencia (fuera del rango de deformaciones)

PRIMER PUNTO CURVA M-C

$y = 18.8516423 \text{ cm}$ (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.88516423 cm

ELEMENTO	AREA	yi	ε _i	σ _i	Fi	Mi
AC1	75.40656919	0.942582115	0.00057000	132	9938	189397
AC2	75.40656919	2.827746345	0.00051000	120	9027	155020
AC3	75.40656919	4.712910575	0.00045000	107	8074	123435
AC4	75.40656919	6.598074804	0.00039000	94	7083	94923
AC5	75.40656919	8.483239034	0.00033000	80	6056	69747
AC6	75.40656919	10.36840326	0.00027000	66	4999	48147
AC7	75.40656919	12.25356749	0.00021000	52	3916	30333
AC8	75.40656919	14.13873172	0.00015000	37	2812	16481
AC9	75.40656919	16.02389595	0.00009000	22	1693	6732
AC10	75.40656919	17.90906018	0.00003000	7	565	1182
AS1	34.20	5.00	0.00044086	899	30758	461372
AS2	22.80	20.00	-0.00003655	-75	-1700	0
AS3	34.20	35.00	-0.00051396	-1048	-35858	537871
AS4	2.40	40.00	-0.00067310	-1111	-2665	53309
					44699	1787949

Excent. e = 40.00 cm **M (ton-m) 17.88**

Curvatura = 0.0000318 rad/cm

φ = 0.0032 rad/m

SEGUNDO PUNTO CURVA M-C

$y = 19.20235239 \text{ cm}$ (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.920235239 cm

ELEMENTO	AREA	yi	ε _i	σ _i	Fi	Mi
AC1	76.80940958	0.96011762	0.00114000	215	16523	314587
AC2	76.80940958	2.880352859	0.00102000	202	15544	266100
AC3	76.80940958	4.800588099	0.00090000	187	14372	218443
AC4	76.80940958	6.720823338	0.00078000	169	13000	172635
AC5	76.80940958	8.641058577	0.00066000	149	11429	129821
AC6	76.80940958	10.56129382	0.00054000	126	9665	91222
AC7	76.80940958	12.48152906	0.00042000	101	7724	58075
AC8	76.80940958	14.4017643	0.00030000	73	5634	31540
AC9	76.80940958	16.32199954	0.00018000	45	3429	12611
AC10	76.80940958	18.24223477	0.00006000	15	1151	2023
AS1	34.20	5.00	0.00088754	1811	61922	928827
AS2	22.80	20.00	-0.00004985	-102	-2318	0
AS3	34.20	35.00	-0.00098723	-2014	-68877	1033158
AS4	2.40	40.00	-0.00129969	-2144	-5147	102936
					84049	3361978

Excent. e = 40.000 cm **M (ton-m) 33.62**

Curvatura = 0.0000625 rad/cm

TERCER PUNTO CURVA M-C

$y = 19.65691018$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.965691018 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	78.62764074	0.982845509	0.00171000	247	19418	369278
AC2	78.62764074	2.948536528	0.00153000	241	18972	323502
AC3	78.62764074	4.914227546	0.00135000	232	18231	275022
AC4	78.62764074	6.879918565	0.00117000	218	17135	224808
AC5	78.62764074	8.845609583	0.00099000	199	15630	174349
AC6	78.62764074	10.8113006	0.00081000	174	13678	125687
AC7	78.62764074	12.77699162	0.00063000	143	11266	81374
AC8	78.62764074	14.74268264	0.00045000	107	8419	44263
AC9	78.62764074	16.70837366	0.00027000	66	5212	17157
AC10	78.62764074	18.67406468	0.00009000	22	1766	2341
AS1	34.20	5.00	0.00134215	2738	93639	1404582
AS2	22.80	20.00	-0.00003142	-64	-1461	0
AS3	34.20	35.00	-0.00140498	-2866	-98023	1470339
AS4	2.40	40.00	-0.00186283	-3074	-7377	147536
					116506	4660241

Excent. e = 40.000 cm

Curvatura = 0.00009 rad/cm

$\phi = 0.0092$ rad/m

M (ton-m)

46.60

CUARTO PUNTO CURVA M-C

$y = 20.12927626$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 2.012927626 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	80.51710503	1.006463813	0.00228000	248	19958	379067
AC2	80.51710503	3.019391439	0.00204000	250	20125	341740
AC3	80.51710503	5.032319064	0.00180000	249	20018	299624
AC4	80.51710503	7.04524669	0.00156000	242	19524	252923
AC5	80.51710503	9.058174316	0.00132000	230	18508	202516
AC6	80.51710503	11.07110194	0.00108000	209	16832	150287
AC7	80.51710503	13.08402957	0.00084000	179	14373	99404
AC8	80.51710503	15.09695719	0.00060000	138	11080	54327
AC9	80.51710503	17.10988482	0.00036000	87	7019	20286
AC10	80.51710503	19.12281244	0.00012000	30	2407	2111
AS1	34.20	5.00	0.00180385	3680	125851	1887769
AS2	22.80	20.00	0.00001541	31	717	0
AS3	34.20	35.00	-0.00177303	-3617	-123701	1855508
AS4	2.40	40.00	-0.00236917	-3909	-9382	187638
					143330	5733201

Excent. e = 40.000 cm

Curvatura = 0.00012 rad/cm

$\phi = 0.0119$ rad/m

M (ton-m)

57.33

QUINTO PUNTO CURVA M-C

$y = 20.81225431$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 2.081225431 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	83.24901722	1.040612715	0.00285000	235	19572	371070
AC2	83.24901722	3.121838146	0.00255000	243	20213	341155
AC3	83.24901722	5.203063576	0.00225000	248	20669	305834
AC4	83.24901722	7.284289007	0.00195000	250	20806	264558
AC5	83.24901722	9.365514438	0.00165000	245	20433	217295
AC6	83.24901722	11.44673987	0.00135000	232	19302	165095
AC7	83.24901722	13.5279653	0.00105000	206	17131	110873
AC8	83.24901722	15.60919073	0.00075000	164	13685	60087
AC9	83.24901722	17.69041616	0.00045000	107	8914	20588
AC10	83.24901722	19.77164159	0.00015000	37	3104	709
AS1	34.20	5.00	0.00227927	4200	143640	2154600
AS2	22.80	20.00	0.00011708	239	5446	0
AS3	34.20	35.00	-0.00204510	-4172	-142683	2140243
AS4	2.40	40.00	-0.00276583	-4564	-10953	219054
					159279	6371161

Excent. e = 40.000 cm

Curvatura = 0.00014 rad/cm

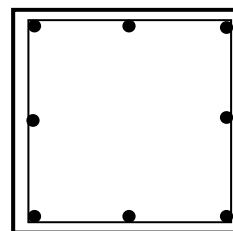
M (ton-m)

63.71

kg-cm

DATOS:

$f'_c =$	250 Kg/cm ²	$\beta_1 =$	0.850
$f_y =$	4200 Kg/cm ² (AC. LONG)	$\epsilon_y =$	0.00206
$f_y =$	4200 Kg/cm ² ESTRIBOS	$H =$	40.00
$f''_c =$	170.0 N/mm ²	$B =$	40.00
$E_s =$	2040000 Kg/cm ²	$d =$	35.00
$E_c =$	221359 Kg/cm ²	$r =$	5.0
$F_R \text{ Flex} =$	0.9	$d' =$	5.0
$\rho_{\min} =$	0.01		
$\rho_{\max} =$	0.06		



AREAS DE ACERO

$As1 =$	Con	3.00	Vs #	12	(as = 11.40cm ²)	$As =$	34.20cm ²	$Ast = 34.20cm^2$	$y/$	5.00
$As2 =$	Con	2.00	Vs #	12	(as = 11.40cm ²)	$As =$	22.80cm ²	$Ast = 22.80cm^2$		20.00
$As3 =$	Con	3.00	Vs #	12	(as = 11.40cm ²)	$As =$	34.20cm ²	$Ast = 34.20cm^2$		35.00
$As4 =$	Con	2.00	Vs #	3.90	(as = 1.20cm ²)	$As =$	2.40cm ²	$Ast = 2.40cm^2$		40.00
$\epsilon_0 =$	0.002	(Punto Máx. Esfzo)				$\rho =$	5.70000%	$e =$	60.000	cm
ϵ_c (Variaciones)										
1	0.0006									
2	0.0012									
3	0.0018	Fluencia entre estos puntos								
4	0.0024									
5	0.003									
6	0.002376088	Punto de cedencia								
$As4 =$ Dos bandas Sika CarboDur S1012 (1.2cm ² /banda)										

PRIMER PUNTO CURVA M-C

$y =$	17.45047442	cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas =	10		
Ancho franja =	1.745047442	cm	

ELEMENTO	AREA	$y/$	ϵ_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	69.80189768	0.872523721	0.00057000	132	9200	175964
AC2	69.80189768	2.617571163	0.00051000	120	8356	145254
AC3	69.80189768	4.362618605	0.00045000	107	7474	116879
AC4	69.80189768	6.107666047	0.00039000	94	6556	91083
AC5	69.80189768	7.852713489	0.00033000	80	5606	68098
AC6	69.80189768	9.597760931	0.00027000	66	4627	48134
AC7	69.80189768	11.34280837	0.00021000	52	3625	31379
AC8	69.80189768	13.08785582	0.00015000	37	2603	17992
AC9	69.80189768	14.83290326	0.00009000	22	1567	8099
AC10	69.80189768	16.5779507	0.00003000	7	523	1791
AS1	34.20	5.00	0.00042808	873	29867	447999
AS2	22.80	20.00	-0.00008766	-179	-4077	0
AS3	34.20	35.00	-0.00060341	-1231	-42098	631476
AS4	2.40	40.00	-0.00077532	-1279	-3070	61405
					30759	1845554
					M (ton-m)	18.46

Excent. $e =$	60.00	cm
Curvatura =	0.0000344	rad/cm
$\phi =$	0.0034	rad/m

SEGUNDO PUNTO CURVA M-C

$y =$	17.81357935	cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas =	10		
Ancho franja =	1.781357935	cm	

ELEMENTO	AREA	$y/$	ϵ_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	71.2543174	0.890678967	0.00114000	215	15328	292899
AC2	71.2543174	2.672036902	0.00102000	202	14419	249858
AC3	71.2543174	4.453394837	0.00090000	187	13332	207274
AC4	71.2543174	6.234752772	0.00078000	169	12060	166012
AC5	71.2543174	8.016110707	0.00066000	149	10602	127058
AC6	71.2543174	9.797468642	0.00054000	126	8966	91473
AC7	71.2543174	11.57882658	0.00042000	101	7166	60344
AC8	71.2543174	13.36018451	0.00030000	73	5226	34703
AC9	71.2543174	15.14154245	0.00018000	45	3181	15453
AC10	71.2543174	16.92290038	0.00006000	15	1068	3286
AS1	34.20	5.00	0.00086318	1761	60222	903333
AS2	22.80	20.00	-0.00014729	-300	-6851	0
AS3	34.20	35.00	-0.00115775	-2362	-80774	1211610
AS4	2.40	40.00	-0.00149457	-2466	-5919	118370
					58027	3481674
					M (ton-m)	34.82

Excent. $e =$	60.000	cm
Curvatura =	0.0000674	rad/cm

TERCER PUNTO CURVA M-C

$y = 18.28366018$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.828366018 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	73.1346407	0.914183009	0.00171000	247	18062	344720
AC2	73.1346407	2.742549026	0.00153000	241	17647	304537
AC3	73.1346407	4.570915044	0.00135000	232	16957	261630
AC4	73.1346407	6.399281062	0.00117000	218	15938	216763
AC5	73.1346407	8.227647079	0.00099000	199	14539	171153
AC6	73.1346407	10.0560131	0.00081000	174	12723	126516
AC7	73.1346407	11.88437911	0.00063000	143	10479	85043
AC8	73.1346407	13.71274513	0.00045000	107	7831	49237
AC9	73.1346407	15.54111115	0.00027000	66	4848	21618
AC10	73.1346407	17.36947717	0.00009000	22	1642	4320
AS1	34.20	5.00	0.00130776	2668	91240	1368594
AS2	22.80	20.00	-0.00016897	-345	-7859	0
AS3	34.20	35.00	-0.00164570	-3357	-114817	1722258
AS4	2.40	40.00	-0.00213794	-3528	-8466	169325
					80762	4845713

Excent. e = 60.0000 cm
 Curvatura = 0.00010 rad/cm
 $\phi = 0.0098$ rad/m

M (ton-m)

48.46

CUARTO PUNTO CURVA M-C

$y = 18.68503876$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.868503876 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	74.74015504	0.934251938	0.00228000	248	18526	353208
AC2	74.74015504	2.802755814	0.00204000	250	18681	321268
AC3	74.74015504	4.67125969	0.00180000	249	18582	284836
AC4	74.74015504	6.539763566	0.00156000	242	18123	243937
AC5	74.74015504	8.408267442	0.00132000	230	17180	199151
AC6	74.74015504	10.27677132	0.00108000	209	15624	151915
AC7	74.74015504	12.14527519	0.00084000	179	13342	104797
AC8	74.74015504	14.01377907	0.00060000	138	10285	61570
AC9	74.74015504	15.88228295	0.00036000	87	6516	26829
AC10	74.74015504	17.75078682	0.00012000	30	2234	5025
AS1	34.20	5.00	0.00175777	3586	122636	1839547
AS2	22.80	20.00	-0.00016890	-345	-7856	0
AS3	34.20	35.00	-0.00209558	-4200	-143640	2154600
AS4	2.40	40.00	-0.00273780	-4517	-10842	216834
					99392	5963517

Excent. e = 60.0000 cm
 Curvatura = 0.00013 rad/cm
 $\phi = 0.0128$ rad/m

M (ton-m)

59.64

QUINTO PUNTO CURVA M-C

$y = 17.69517816$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.769517816 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	70.78071262	0.884758908	0.00285000	235	16641	318088
AC2	70.78071262	2.654276723	0.00255000	243	17186	298095
AC3	70.78071262	4.423794539	0.00225000	248	17573	273723
AC4	70.78071262	6.193312355	0.00195000	250	17690	244234
AC5	70.78071262	7.96283017	0.00165000	245	17373	209118
AC6	70.78071262	9.732347986	0.00135000	232	16411	168504
AC7	70.78071262	11.5018658	0.00105000	206	14565	123778
AC8	70.78071262	13.27138362	0.00075000	164	11635	78289
AC9	70.78071262	15.04090143	0.00045000	107	7579	37586
AC10	70.78071262	16.81041925	0.00015000	37	2639	8419
AS1	34.20	5.00	0.00215231	4200	143640	2154600
AS2	22.80	20.00	-0.00039075	-797	-18175	0
AS3	34.20	35.00	-0.00293382	-4200	-143640	2154600
AS4	2.40	40.00	-0.00378151	-6239	-14975	299495
					106142	6368529

Excent. e = 60.0000 cm
 Curvatura = 0.00017 rad/cm

M (ton-m)

63.69

kg-cm

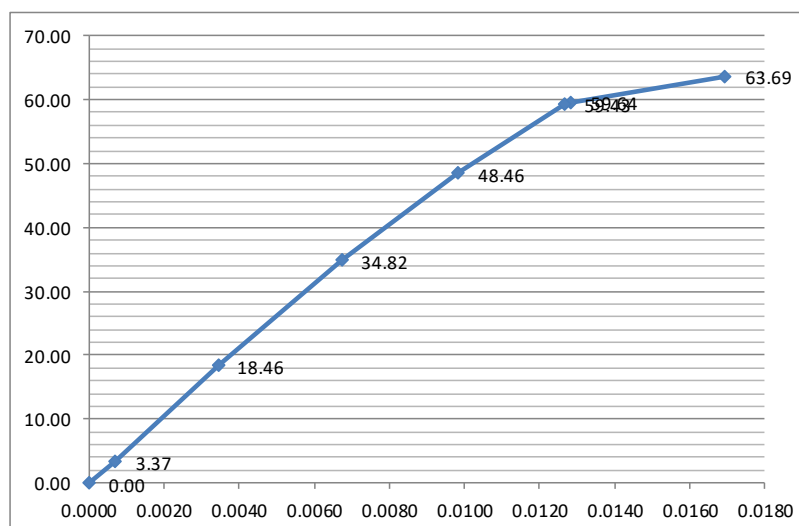
$\phi = 0.0170 \text{ rad/m}$						
SEXTO PUNTO CURVA M-C						
y=	18.75193	cm	(Prof. Eje Neutro)			
No. Franjas=	10					
Ancho franja=	1.875193 cm					
ELEMENTO	AREA	yi	xi	xi	Fi	Mi
AC1	75.00772	0.9375965	0.00225728	248	18615	354855
AC2	75.00772	2.8127895	0.00201967	250	18751	322278
AC3	75.00772	4.6879825	0.00178207	248	18628	285229
AC4	75.00772	6.5631755	0.00154446	242	18143	243778
AC5	75.00772	8.4383685	0.00130685	229	17173	198553
AC6	75.00772	10.3135615	0.00106924	208	15593	151045
AC7	75.00772	12.1887545	0.00083163	177	13296	103857
AC8	75.00772	14.0639475	0.00059402	136	10236	60762
AC9	75.00772	15.9391405	0.00035641	86	6478	26305
AC10	75.00772	17.8143335	0.00011880	30	2220	4852
AS1	34.20	5.00	0.00174253	3555	121573	1823592
AS2	22.80	20.00	-0.00015814	-323	-7356	0
AS3	34.20	35.00	-0.00205882	-4200	-143640	2154596
AS4	2.40	40.00	-0.00269238	-4442	-10662	213236
					99049	5942938
					M (ton-m)	kg-cm
Excent. e=	60.0000	cm				
Curvatura=	0.00013	rad/cm				
$\phi =$	0.0127 rad/m					

PUNTO DE CURVA M-C, CORRESPONDIENTE AL AGRIETAMIENTO DEL CONCRETO

Concreto clase= **1**
 Módulo de ruptura $f_r = 31.62 \text{ kg-cm}^2$
 $I_g = 213333.33 \text{ cm}^4$
 $h_2 = 20.00 \text{ cm}$
 $M_{ag} = \frac{\overline{f_r} I_g}{h_2}$
 $M_{ag} = 337309.62 \text{ kg-cm}$
 $M_{ag} = 3.37 \text{ ton-m}$

Curvatura= **0.00001** rad/cm
 $\phi = 0.0007 \text{ rad/m}$

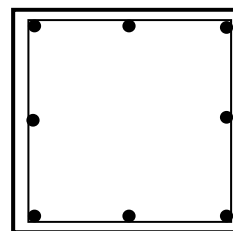
ϕ	M
0.0170	63.69
0.0128	59.64
0.0127	59.43
0.0098	48.46
0.0067	34.82
0.0034	18.46
0.0007	3.37
0.0000	0.00



Ductilidad= 1.34

DATOS:

$f'_c =$	250 Kg/cm ²	$\beta_1 =$	0.850
$f_y =$	4200 Kg/cm ² (AC. LONG)	$\epsilon_y =$	0.00206
$f_y =$	4200 Kg/cm ² ESTRIBOS	$H =$	40.00
$f''_c =$	170.0 N/mm ²	$B =$	40.00
$E_s =$	2040000 Kg/cm ²	$d =$	35.00
$E_c =$	221359 Kg/cm ²	$r =$	5.0
$F_R \text{ Flex} =$	0.9	$d' =$	5.0
$\rho_{\min} =$	0.01		
$\rho_{\max} =$	0.06		



AREAS DE ACERO

$As1 =$	Con	3.00	Vs #	12	(as = 11.40cm ²)	$As =$	34.20cm ²	$Ast = 34.20cm^2$	y_i	5.00
$As2 =$	Con	2.00	Vs #	12	(as = 11.40cm ²)	$As =$	22.80cm ²	$Ast = 22.80cm^2$		20.00
$As3 =$	Con	3.00	Vs #	12	(as = 11.40cm ²)	$As =$	34.20cm ²	$Ast = 34.20cm^2$		35.00
$As4 =$	Con	2.00	Vs #	3.90	(as = 1.20cm ²)	$As =$	2.40cm ²	$Ast = 2.40cm^2$		40.00

$\epsilon_0 =$	0.002	(Punto Máx. Esfzo)	$\rho =$	5.70000%	$e =$	80.000 cm
----------------	-------	--------------------	----------	----------	-------	-----------

 ϵ_c (Variaciones)

1	0.0006	Fluencia entre estos puntos
2	0.0012	
3	0.0018	
4	0.0024	
5	0.003	Punto de cedencia
6	0.00215695	

 $As4 =$ Dos bandas Sika CarboDur S1012 (1.2cm²/banda)

PRIMER PUNTO CURVA M-C

$y =$	16.77653224 cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas =	10	
Ancho franja =	1.677653224 cm	

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	67.10612895	0.838826612	0.00057000	132	8844	169466
AC2	67.10612895	2.516479836	0.00051000	120	8034	140456
AC3	67.10612895	4.194133059	0.00045000	107	7186	113576
AC4	67.10612895	5.871786283	0.00039000	94	6303	89053
AC5	67.10612895	7.549439507	0.00033000	80	5390	67103
AC6	67.10612895	9.22709273	0.00027000	66	4449	47924
AC7	67.10612895	10.90474595	0.00021000	52	3485	31694
AC8	67.10612895	12.58239918	0.00015000	37	2502	18562
AC9	67.10612895	14.2600524	0.00009000	22	1507	8649
AC10	67.10612895	15.93770563	0.00003000	7	503	2044
AS1	34.20	5.00	0.00042118	859	29385	440772
AS2	22.80	20.00	-0.00011528	-235	-5362	0
AS3	34.20	35.00	-0.00065175	-1330	-45471	682068
AS4	2.40	40.00	-0.00083057	-1370	-3289	65781
					23464	1877148

Excent. $e =$ 80.00 cm

Curvatura = 0.0000358 rad/cm

 $\phi =$ 0.0036 rad/m M (ton-m) 18.77

SEGUNDO PUNTO CURVA M-C

$y =$	17.14154669 cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas =	10	
Ancho franja =	1.714154669 cm	

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	68.56618676	0.857077334	0.00114000	215	14749	282345
AC2	68.56618676	2.571232003	0.00102000	202	13875	241831
AC3	68.56618676	4.285386672	0.00090000	187	12829	201610
AC4	68.56618676	5.999541341	0.00078000	169	11605	162479
AC5	68.56618676	7.71369601	0.00066000	149	10202	125350
AC6	68.56618676	9.427850679	0.00054000	126	8627	91211
AC7	68.56618676	11.14200535	0.00042000	101	6895	61079
AC8	68.56618676	12.85616002	0.00030000	73	5029	35929
AC9	68.56618676	14.57031469	0.00018000	45	3061	16619
AC10	68.56618676	16.28446935	0.00006000	15	1028	3818
AS1	34.20	5.00	0.00084997	1734	59301	889514
AS2	22.80	20.00	-0.00020011	-408	-9307	0
AS3	34.20	35.00	-0.00125019	-2550	-87223	1308346
AS4	2.40	40.00	-0.00160021	-2640	-6337	126737
					44336	3546866

Excent. $e =$ 80.0000 cm

Curvatura = 0.0000700 rad/cm

 M (ton-m) 35.47

TERCER PUNTO CURVA M-C

$y = 17.61417162$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.761417162 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	e_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	70.45668648	0.880708581	0.00171000	247	17400	332680
AC2	70.45668648	2.642125743	0.00153000	241	17001	295093
AC3	70.45668648	4.403542905	0.00135000	232	16336	254784
AC4	70.45668648	6.164960067	0.00117000	218	15354	212424
AC5	70.45668648	7.926377229	0.00099000	199	14006	169105
AC6	70.45668648	9.687794391	0.00081000	174	12257	126397
AC7	70.45668648	11.44921155	0.00063000	143	10095	86322
AC8	70.45668648	13.21062871	0.00045000	107	7544	51222
AC9	70.45668648	14.97204588	0.00027000	66	4671	23484
AC10	70.45668648	16.73346304	0.00009000	22	1582	5168
AS1	34.20	5.00	0.00128905	2630	89934	1349014
AS2	22.80	20.00	-0.00024381	-497	-11340	0
AS3	34.20	35.00	-0.00177667	-3624	-123954	1859316
AS4	2.40	40.00	-0.00228762	-3775	-9059	181179
					61827	4946189
					M (ton-m)	49.46
Excent. e = 80.0000 cm						
Curvatura = 0.00010 rad/cm						
$\phi = 0.0102$ rad/m						

CUARTO PUNTO CURVA M-C

$y = 17.25814299$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.725814299 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	e_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	69.03257196	0.86290715	0.00228000	248	17111	327456
AC2	69.03257196	2.588721449	0.00204000	250	17255	300427
AC3	69.03257196	4.314535748	0.00180000	249	17163	269206
AC4	69.03257196	6.040350047	0.00156000	242	16739	233668
AC5	69.03257196	7.766164346	0.00132000	230	15868	194132
AC6	69.03257196	9.491978645	0.00108000	209	14431	151639
AC7	69.03257196	11.21779294	0.00084000	179	12323	108224
AC8	69.03257196	12.94360724	0.00060000	138	9500	67035
AC9	69.03257196	14.66942154	0.00036000	87	6018	32079
AC10	69.03257196	16.39523584	0.00012000	30	2064	7439
AS1	34.20	5.00	0.00170468	3478	118932	1783978
AS2	22.80	20.00	-0.00038130	-778	-17735	0
AS3	34.20	35.00	-0.00246727	-4200	-143640	2154600
AS4	2.40	40.00	-0.00316259	-5218	-12524	250477
					73504	5880360
					M (ton-m)	58.80
Excent. e = 80.0000 cm						
Curvatura = 0.00014 rad/cm						
$\phi = 0.0139$ rad/m						

QUINTO PUNTO CURVA M-C

$y = 16.30081148$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.630081148 cm

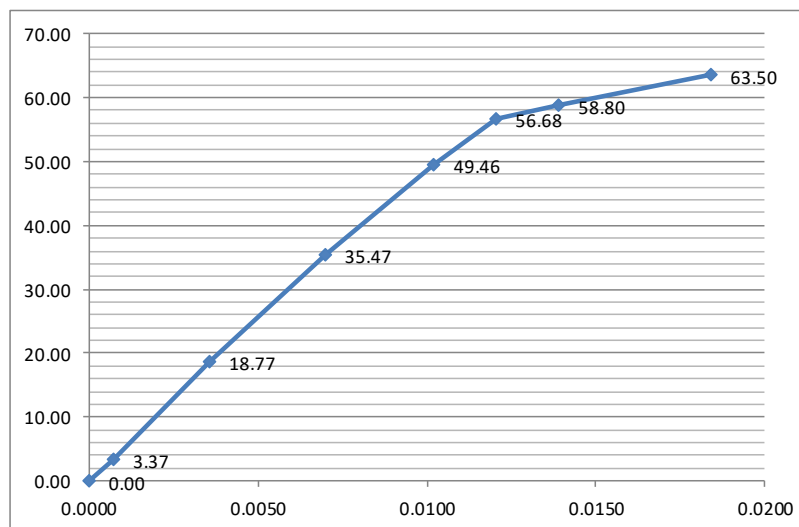
ELEMENTO	AREA	y_i	e_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	65.20324593	0.815040574	0.00285000	235	15329	294092
AC2	65.20324593	2.445121723	0.00255000	243	15831	277917
AC3	65.20324593	4.075202871	0.00225000	248	16188	257797
AC4	65.20324593	5.705284019	0.00195000	250	16296	232941
AC5	65.20324593	7.335365168	0.00165000	245	16004	202682
AC6	65.20324593	8.965446316	0.00135000	232	15118	166820
AC7	65.20324593	10.59552746	0.00105000	206	13418	126186
AC8	65.20324593	12.22560861	0.00075000	164	10718	83329
AC9	65.20324593	13.85568976	0.00045000	107	6982	42899
AC10	65.20324593	15.48577091	0.00015000	37	2431	10976
AS1	34.20	5.00	0.00207980	4200	143640	2154600
AS2	22.80	20.00	-0.00068080	-1389	-31665	0
AS3	34.20	35.00	-0.00344140	-4200	-143640	2154600
AS4	2.40	40.00	-0.00436160	-7197	-17272	345438
					79378	6350276
					M (ton-m)	63.50
Excent. e = 80.0000 cm						kg-cm
Curvatura = 0.00018 rad/cm						

$\varphi = 0.0184 \text{ rad/m}$						
SEXTO PUNTO CURVA M-C						
$y = 17.9073645 \text{ cm}$		(Prof. Eje Neutro)				
No. Franjas = 10						
Ancho franja = 1.79073645 cm						
ELEMENTO	AREA	y_i	c_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	71.629458	0.895368225	0.00204910	250	17902	342013
AC2	71.629458	2.686104675	0.00183341	249	17840	308877
AC3	71.629458	4.476841125	0.00161771	244	17512	271839
AC4	71.629458	6.267577575	0.00140202	235	16834	231171
AC5	71.629458	8.058314025	0.00118632	219	15715	187661
AC6	71.629458	9.849050475	0.00097063	196	14068	142803
AC7	71.629458	11.63978693	0.00075493	165	11833	98926
AC8	71.629458	13.43052338	0.00053924	126	9002	59138
AC9	71.629458	15.22125983	0.00032354	79	5646	26981
AC10	71.629458	17.01199628	0.00010785	27	1926	5754
AS1	34.20	5.00	0.00155470	3172	108468	1627022
AS2	22.80	20.00	-0.00025206	-514	-11724	0
AS3	34.20	35.00	-0.00205882	-4200	-143639	2154592
AS4	2.40	40.00	-0.00266107	-4391	-10538	210757
					70844	5667535
					M (ton-m)	kg-cm
						56.68
Excent. e = 80.0000 cm						
Curvatura = 0.00012 rad/cm						
$\varphi = 0.0120 \text{ rad/m}$						

PUNTO DE CURVA M-C, CORRESPONDIENTE AL AGRIETAMIENTO DEL CONCRETO

Concreto clase =		1
Módulo de ruptura f_r =	31.62 kg-cm ²	
I_g =	213333.33 cm ⁴	
h_2 =	20.00 cm	
$M_{ag} = \frac{\overline{f_r} I_g}{h_2}$	337309.62 kg-cm	
	Mag = 3.37 ton-m	
Curvatura =		0.00001 rad/cm
		$\phi = 0.0007 \text{ rad/m}$

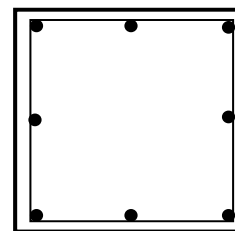
ϕ	M
0.0184	63.50
0.0139	58.80
0.0120	56.68
0.0102	49.46
0.0070	35.47
0.0036	18.77
0.0007	3.37
0.0000	0.00



Ductilidad = 1.53

DATOS:

$f'_c =$	250 Kg/cm ²	$\beta_1 =$	0.850
$f_y =$	4200 Kg/cm ² (AC. LONG)	$\epsilon_y =$	0.00206
$f_y =$	4200 Kg/cm ² ESTRIBOS	$H =$	40.00
$f''_c =$	170.0 N/mm ²	$B =$	40.00
$E_s =$	2040000 Kg/cm ²	$d =$	35.00
$E_c =$	221359 Kg/cm ²	$r =$	5.0
$F_R \text{ Flex} =$	0.9	$d' =$	5.0
$\rho_{\min} =$	0.01		
$\rho_{\max} =$	0.06		



h = 40.00

b = 40.00

AREAS DE ACERO

$As_1 =$	Con	3.00	Vs #	12	(as = 11.40cm ²)	As = 34.20cm ²	$Ast = 34.20cm^2$	y/	5.00
$As_2 =$	Con	2.00	Vs #	12	(as = 11.40cm ²)	As = 22.80cm ²	$Ast = 22.80cm^2$		20.00
$As_3 =$	Con	3.00	Vs #	12	(as = 11.40cm ²)	As = 34.20cm ²	$Ast = 34.20cm^2$		35.00
$As_4 =$	Con	2.00	Vs #	3.90	(as = 1.20cm ²)	As = 2.40cm ²	$Ast = 2.40cm^2$		40.00

$\epsilon_0 =$	0.002	(Punto Máx. Esfzo)	$\rho =$	5.70000%	$e =$	100.000 cm
$As_4 =$ Dos bandas Sika CarboDur S1012 (1.2cm ² /banda)						

 ϵ_c (Variaciones)

1	0.0006	Fluencia entre estos puntos
2	0.0012	
3	0.0018	
4	0.0024	
5	0.003	Punto de cedencia
6	0.002038792	

PRIMER PUNTO CURVA M-C

$y =$	16.38043469 cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas =	10	
Ancho franja =	1.638043469 cm	

ELEMENTO	AREA	y/	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	65.52173877	0.819021735	0.00057000	132	8635	165636
AC2	65.52173877	2.457065204	0.00051000	120	7844	137606
AC3	65.52173877	4.095108673	0.00045000	107	7016	111589
AC4	65.52173877	5.733152143	0.00039000	94	6154	87803
AC5	65.52173877	7.371195612	0.00033000	80	5262	66456
AC6	65.52173877	9.009239081	0.00027000	66	4344	47739
AC7	65.52173877	10.64728255	0.00021000	52	3402	31821
AC8	65.52173877	12.28532602	0.00015000	37	2443	18849
AC9	65.52173877	13.92336949	0.00009000	22	1471	8940
AC10	65.52173877	15.56141296	0.00003000	7	491	2181
AS1	34.20	5.00	0.00041685	850	29083	436247
AS2	22.80	20.00	-0.00013258	-270	-6167	0
AS3	34.20	35.00	-0.00068202	-1391	-47583	713745
AS4	2.40	40.00	-0.00086516	-1428	-3426	68521
					18971	1897134
					M (ton-m)	18.97

Excent. e = 100.00 cm

Curvatura = 0.0000366 rad/cm

 $\phi = 0.0037 \text{ rad/m}$

SEGUNDO PUNTO CURVA M-C

$y =$	16.74539409 cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas =	10	
Ancho franja =	1.674539409 cm	

ELEMENTO	AREA	y/	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	66.98157637	0.837269705	0.00114000	215	14408	276105
AC2	66.98157637	2.511809114	0.00102000	202	13555	237048
AC3	66.98157637	4.186348523	0.00090000	187	12533	198191
AC4	66.98157637	5.860887933	0.00078000	169	11337	160296
AC5	66.98157637	7.535427342	0.00066000	149	9967	124229
AC6	66.98157637	9.209966751	0.00054000	126	8428	90940
AC7	66.98157637	10.88450616	0.00042000	101	6736	61402
AC8	66.98157637	12.55904557	0.00030000	73	4913	36558
AC9	66.98157637	14.23358498	0.00018000	45	2990	17241
AC10	66.98157637	15.90812439	0.00006000	15	1004	4108
AS1	34.20	5.00	0.00084169	1717	58723	880848
AS2	22.80	20.00	-0.00023323	-476	-10848	0
AS3	34.20	35.00	-0.00130815	-2669	-91267	1369008
AS4	2.40	40.00	-0.00166646	-2750	-6599	131984
					35880	3587957
					M (ton-m)	35.88

Excent. e = 100.0000 cm

Curvatura = 0.0000717 rad/cm

TERCER PUNTO CURVA M-C

$y = 17.2180682$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.72180682 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	68.8722728	0.86090341	0.00171000	247	17009	325536
AC2	68.8722728	2.58271023	0.00153000	241	16618	289445
AC3	68.8722728	4.30451705	0.00135000	232	15969	250636
AC4	68.8722728	6.02632387	0.00117000	218	15009	209728
AC5	68.8722728	7.74813069	0.00099000	199	13691	167743
AC6	68.8722728	9.46993751	0.00081000	174	11981	126165
AC7	68.8722728	11.19174433	0.00063000	143	9868	86922
AC8	68.8722728	12.91355115	0.00045000	107	7375	52261
AC9	68.8722728	14.63535797	0.00027000	66	4566	24493
AC10	68.8722728	16.35716479	0.00009000	22	1546	5634
AS1	34.20	5.00	0.00127729	2606	89114	1336713
AS2	22.80	20.00	-0.00029083	-593	-13527	0
AS3	34.20	35.00	-0.00185895	-3792	-129695	1945425
AS4	2.40	40.00	-0.00238165	-3930	-9431	188627
					50093	5009326
Excent. e = 100.0000 cm					M (ton-m)	50.09
Curvatura = 0.00010 rad/cm						
$\phi = 0.0105$ rad/m						

CUARTO PUNTO CURVA M-C

$y = 16.480552$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.6480552 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	65.92220799	0.8240276	0.00228000	248	16340	313337
AC2	65.92220799	2.4720828	0.00204000	250	16477	288813
AC3	65.92220799	4.120138	0.00180000	249	16389	260263
AC4	65.92220799	5.7681932	0.00156000	242	15985	227490
AC5	65.92220799	7.416248399	0.00132000	230	15153	190688
AC6	65.92220799	9.064303599	0.00108000	209	13781	150700
AC7	65.92220799	10.7123588	0.00084000	179	11768	109295
AC8	65.92220799	12.360414	0.00060000	138	9072	69305
AC9	65.92220799	14.0084692	0.00036000	87	5747	34432
AC10	65.92220799	15.6565244	0.00012000	30	1971	8559
AS1	34.20	5.00	0.00167187	3411	116643	1749644
AS2	22.80	20.00	-0.00051252	-1046	-23839	0
AS3	34.20	35.00	-0.00269692	-4200	-143640	2154600
AS4	2.40	40.00	-0.00342505	-5651	-13563	271264
					58284	5828391
Excent. e = 100.0000 cm					M (ton-m)	58.28
Curvatura = 0.00015 rad/cm						
$\phi = 0.0146$ rad/m						

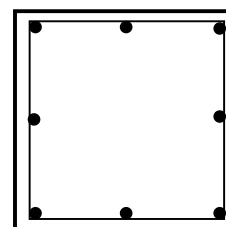
QUINTO PUNTO CURVA M-C

$y = 15.58951551$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.558951551 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	62.35806203	0.779475775	0.00285000	235	14660	281780
AC2	62.35806203	2.338427326	0.00255000	243	15140	267405
AC3	62.35806203	3.897378877	0.00225000	248	15482	249301
AC4	62.35806203	5.456330428	0.00195000	250	15585	226656
AC5	62.35806203	7.015281979	0.00165000	245	15305	198737
AC6	62.35806203	8.574233529	0.00135000	232	14458	165197
AC7	62.35806203	10.13318508	0.00105000	206	12832	126612
AC8	62.35806203	11.69213663	0.00075000	164	10251	85161
AC9	62.35806203	13.25108818	0.00045000	107	6677	45064
AC10	62.35806203	14.81003973	0.00015000	37	2325	12068
AS1	34.20	5.00	0.00203781	4157	142174	2132614
AS2	22.80	20.00	-0.00084874	-1731	-39477	0
AS3	34.20	35.00	-0.00373530	-4200	-143640	2154600
AS4	2.40	40.00	-0.00469748	-7751	-18602	372040
					63172	6317236
Excent. e = 100.000 cm					M (ton-m)	63.17 kg-cm
Curvatura = 0.00019 rad/cm						

DATOS:

$f'_c =$	250 Kg/cm ²	
$f_y =$	4200 Kg/cm ² (AC. LONG)	$\beta_1 =$ 0.850
$f_y =$	4200 Kg/cm ² ESTRIBOS	$\alpha_y =$ 0.00206
$f''_c =$	170.0 N/mm ²	$H =$ 40.00
$E_s =$	2040000 Kg/cm ²	$B =$ 40.00
$E_c =$	221359 Kg/cm ²	$d =$ 35.00
$F_{R Flex} =$	0.9	$r =$ 5.0
	$\rho_{min} = 0.01$	$d' =$ 5.0
	$\rho_{max} = 0.06$	



AREAS DE ACERO

$As1 =$ Con	3.00	$Vs \#$	12	(as = 11.40cm ²)	$As =$ 34.20cm ²	$Ast = 34.20cm^2$	yi 5.00
$As2 =$ Con	2.00	$Vs \#$	12	(as = 11.40cm ²)	$As =$ 22.80cm ²	$Ast = 22.80cm^2$	20.00
$As3 =$ Con	3.00	$Vs \#$	12	(as = 11.40cm ²)	$As =$ 34.20cm ²	$Ast = 34.20cm^2$	35.00
$As4 =$ Con	2.00	$Vs \#$	3.90	(as = 1.20cm ²)	$As =$ 2.40cm ²	$Ast = 2.40cm^2$	40.00

$\epsilon_0 =$ 0.002	(Punto M. Esfzo)	$\rho =$ 5.70000%	$e =$ 120.000 cm
$As4 =$ Dos bandas Sika CarboDur S1012 (1.2cm ² /banda)			

 ϵ_c (Variaciones)

1	0.0006
2	0.0012
3	0.0018
4	0.0024
5	0.003
6	0.001964979

Fluencia entre
estos puntos

Punto de cedencia

PRIMER PUNTO CURVA M-C

$y =$	16.11974593 cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas =	10	
Ancho franja =	1.611974593 cm	

ELEMENTO	AREA	yi	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	64.47898372	0.805987296	0.00057000	132	8498	163111
AC2	64.47898372	2.417961889	0.00051000	120	7719	135718
AC3	64.47898372	4.029936482	0.00045000	107	6904	110263
AC4	64.47898372	5.641911075	0.00039000	94	6056	86958
AC5	64.47898372	7.253885668	0.00033000	80	5179	66006
AC6	64.47898372	8.865860261	0.00027000	66	4274	47592
AC7	64.47898372	10.47783485	0.00021000	52	3348	31882
AC8	64.47898372	12.08980945	0.00015000	37	2404	19020
AC9	64.47898372	13.70178404	0.00009000	22	1448	9119
AC10	64.47898372	15.31375863	0.00003000	7	483	2266
AS1	34.20	5.00	0.00041389	844	28876	433147
AS2	22.80	20.00	-0.00014443	-295	-6718	0
AS3	34.20	35.00	-0.00070275	-1434	-49029	735442
AS4	2.40	40.00	-0.00088886	-1467	-3520	70397
					15924	1910922

Excent. $e =$ 120.00 cm

Curvatura = 0.0000372 rad/cm

 $\phi =$ 0.0037 rad/m M (ton-m) 19.11

SEGUNDO PUNTO CURVA M-C

$y =$	16.48420469 cm	(Prof. Eje Neutro)
No. Franjas =	10	
Ancho franja =	1.648420469 cm	

ELEMENTO	AREA	yi	ϵ_i	σ_i	Fi	Mi
AC1	65.93681876	0.824210234	0.00114000	215	14184	271984
AC2	65.93681876	2.472630703	0.00102000	202	13343	233873
AC3	65.93681876	4.121051172	0.00090000	187	12337	195906
AC4	65.93681876	5.769471641	0.00078000	169	11160	158816
AC5	65.93681876	7.41789211	0.00066000	149	9811	123445
AC6	65.93681876	9.066312579	0.00054000	126	8297	90713
AC7	65.93681876	10.71473305	0.00042000	101	6631	61570
AC8	65.93681876	12.36315352	0.00030000	73	4836	36935
AC9	65.93681876	14.01157399	0.00018000	45	2943	17626
AC10	65.93681876	15.65999445	0.00006000	15	988	4289
AS1	34.20	5.00	0.00083602	1705	58327	874907
AS2	22.80	20.00	-0.00025594	-522	-11904	0
AS3	34.20	35.00	-0.00134789	-2750	-94040	1410598
AS4	2.40	40.00	-0.00171188	-2825	-6779	135581
					30135	3616241

Excent. $e =$ 120.000 cm

Curvatura = 0.0000728 rad/cm

 $\phi =$ 0.0073 rad/m M (ton-m) 36.16

TERCER PUNTO CURVA M-C

$y = 16.95633147$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.695633147 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	67.82532587	0.847816573	0.00171000	247	16750	320806
AC2	67.82532587	2.54344972	0.00153000	241	16366	285687
AC3	67.82532587	4.239082867	0.00135000	232	15726	247855
AC4	67.82532587	5.934716014	0.00117000	218	14781	207894
AC5	67.82532587	7.630349161	0.00099000	199	13483	166781
AC6	67.82532587	9.325982307	0.00081000	174	11799	125945
AC7	67.82532587	11.02161545	0.00063000	143	9718	87254
AC8	67.82532587	12.7172486	0.00045000	107	7263	52892
AC9	67.82532587	14.41288175	0.00027000	66	4496	25121
AC10	67.82532587	16.10851489	0.00009000	22	1523	5927
AS1	34.20	5.00	0.00126922	2589	88551	1328269
AS2	22.80	20.00	-0.00032310	-659	-15028	0
AS3	34.20	35.00	-0.00191543	-3907	-133635	2004532
AS4	2.40	40.00	-0.00244620	-4036	-9687	193739
					42106	5052703
					M (ton-m)	50.53
Excent. e = 120.000 cm						
Curvatura = 0.00011 rad/cm						
$\phi = 0.0106$ rad/m						

CUARTO PUNTO CURVA M-C

$y = 15.99322958$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.599322958 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	63.9729183	0.799661479	0.00228000	248	15857	304458
AC2	63.9729183	2.398984436	0.00204000	250	15990	281442
AC3	63.9729183	3.998307394	0.00180000	249	15905	254505
AC4	63.9729183	5.597630352	0.00156000	242	15512	223409
AC5	63.9729183	7.196953309	0.00132000	230	14705	188274
AC6	63.9729183	8.796276267	0.00108000	209	13373	149828
AC7	63.9729183	10.39559922	0.00084000	179	11420	109681
AC8	63.9729183	11.99492218	0.00060000	138	8804	70474
AC9	63.9729183	13.59424514	0.00036000	87	5577	35724
AC10	63.9729183	15.1935681	0.00012000	30	1912	9191
AS1	34.20	5.00	0.00164968	3365	115095	1726426
AS2	22.80	20.00	-0.00060127	-1227	-27966	0
AS3	34.20	35.00	-0.00285222	-4200	-143640	2154600
AS4	2.40	40.00	-0.00360254	-5944	-14266	285321
					48278	5793333
					M (ton-m)	57.93
Excent. e = 120.000 cm						
Curvatura = 0.00015 rad/cm						
$\phi = 0.0150$ rad/m						

QUINTO PUNTO CURVA M-C

$y = 15.17517778$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.517517778 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	ϵ_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	60.70071112	0.758758889	0.00285000	235	14271	274587
AC2	60.70071112	2.276276667	0.00255000	243	14738	261214
AC3	60.70071112	3.793794445	0.00225000	248	15071	244236
AC4	60.70071112	5.311312223	0.00195000	250	15170	222832
AC5	60.70071112	6.828830001	0.00165000	245	14899	196233
AC6	60.70071112	8.346347779	0.00135000	232	14074	164014
AC7	60.70071112	9.863865557	0.00105000	206	12491	126611
AC8	60.70071112	11.38138334	0.00075000	164	9978	85998
AC9	60.70071112	12.89890111	0.00045000	107	6500	46156
AC10	60.70071112	14.41641889	0.00015000	37	2264	12639
AS1	34.20	5.00	0.00201154	4104	140341	2105121
AS2	22.80	20.00	-0.00095383	-1946	-44364	0
AS3	34.20	35.00	-0.00391919	-4200	-143640	2154600
AS4	2.40	40.00	-0.00490765	-8098	-19434	388686
					52358	6282925
					M (ton-m)	62.83
Excent. e = 120.0000 cm						
Curvatura = 0.00020 rad/cm						
$\phi = 0.0198$ rad/m						

kg-cm

SEXTO PUNTO CURVA M-C

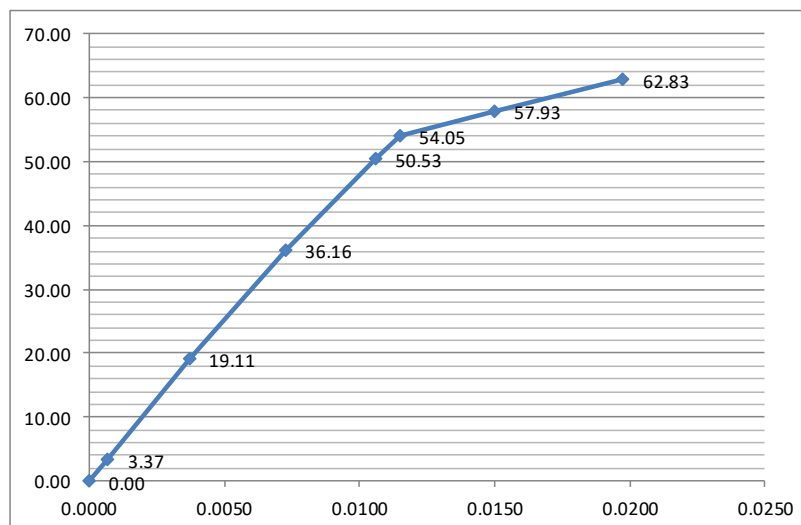
$y = 17.09187946$ cm (Prof. Eje Neutro)
 No. Franjas = 10
 Ancho franja = 1.709187946 cm

ELEMENTO	AREA	y_i	e_i	σ_i	F_i	M_i
AC1	68.36751782	0.854593973	0.00186673	249	17051	326454
AC2	68.36751782	2.563781918	0.00167023	246	16818	293245
AC3	68.36751782	4.272969864	0.00147373	239	16325	256742
AC4	68.36751782	5.982157809	0.00127724	227	15506	217366
AC5	68.36751782	7.691345755	0.00108074	209	14297	175978
AC6	68.36751782	9.400533701	0.00088424	185	12642	134000
AC7	68.36751782	11.10972165	0.00068774	154	10512	93453
AC8	68.36751782	12.81890959	0.00049124	116	7919	56864
AC9	68.36751782	14.52809754	0.00029475	72	4931	26980
AC10	68.36751782	16.23728548	0.00009825	25	1675	6303
AS1	34.20	5.00	0.00139015	2836	96988	1454821
AS2	22.80	20.00	-0.00033433	-682	-15551	0
AS3	34.20	35.00	-0.00205882	-4200	-143640	2154595
AS4	2.40	40.00	-0.00263365	-4346	-10429	208585
					45045	5405386
					M (ton-m)	54.05
Excent. e =	120.0000	cm				kg-cm
Curvatura =	0.00011	rad/cm				
$\phi =$	0.0115	rad/m				

PUNTO DE CURVA M-C, CORRESPONDIENTE AL AGRIETAMIENTO DEL CONCRETO

Concreto clase = 1
 Módulo de ruptura $f_f = 31.62$ kg-cm²
 $I_0 = 213333.33$ cm⁴
 $h_2 = 20.00$ cm
 $M_{ag} = \frac{\overline{f_f} I_0}{h_2}$ Mag = 337309.62 kg-cm
 Mag = 3.37 ton-m
 Curvatura = 0.00001 rad/cm
 $\phi = 0.0007$ rad/m

ϕ	M
0.0198	62.83
0.0150	57.93
0.0115	54.05
0.0106	50.53
0.0073	36.16
0.0037	19.11
0.0007	3.37
0.0000	0.00



Ductilidad = 1.72

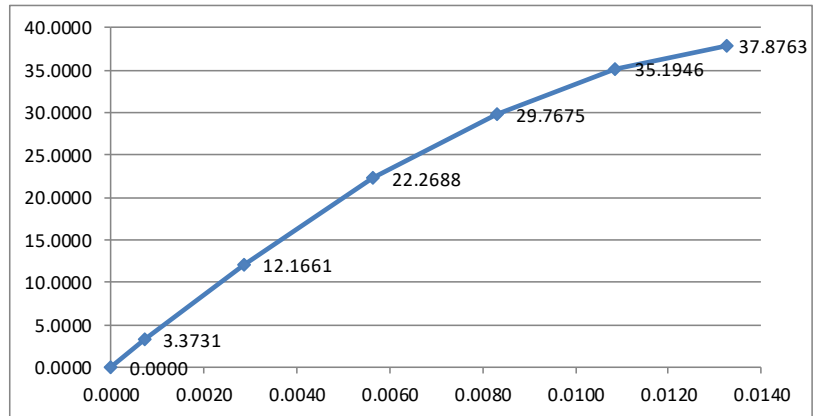
3.2 Resumen

$\rho=2.535, e=20$

$\rho=2.535, e=20$

ϕ	M
0.0133	37.8763
0.0109	35.1946
0.0083	29.7675
0.0056	22.2688
0.0028	12.1661
0.0007	3.3731
0.0000	0.0000

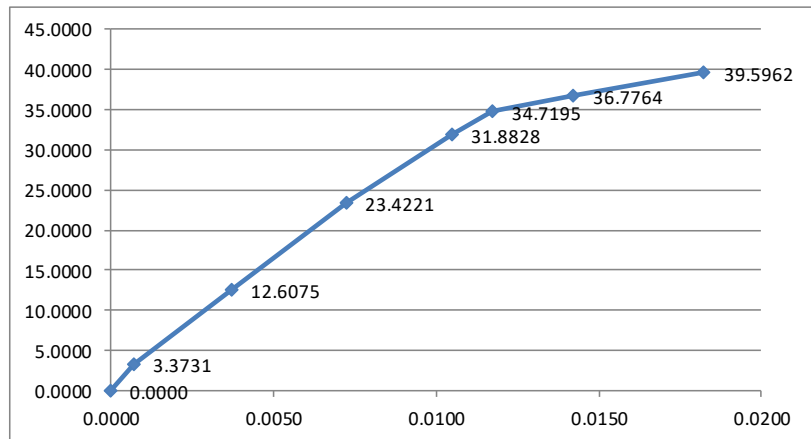
Ductilidad= 1.0000



$\rho=2.535, e=40$

ϕ	M
0.0182	39.5962
0.0142	36.7764
0.0117	34.7195
0.0105	31.8828
0.0072	23.4221
0.0037	12.6075
0.0007	3.3731
0.0000	0.0000

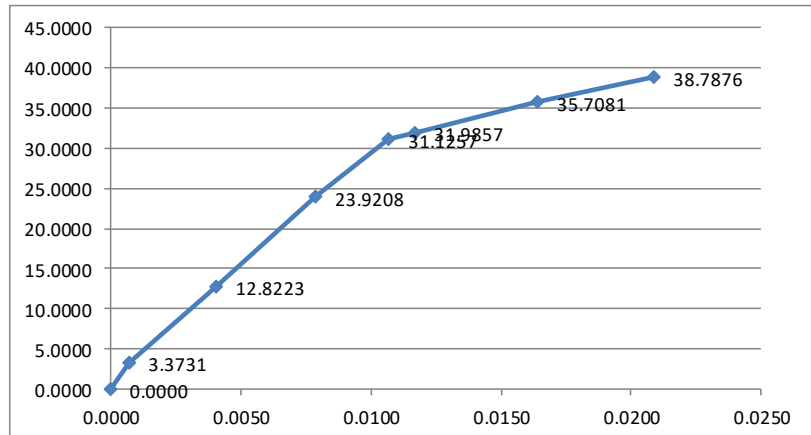
Ductilidad= 1.5566



$\rho=2.535, e=60$

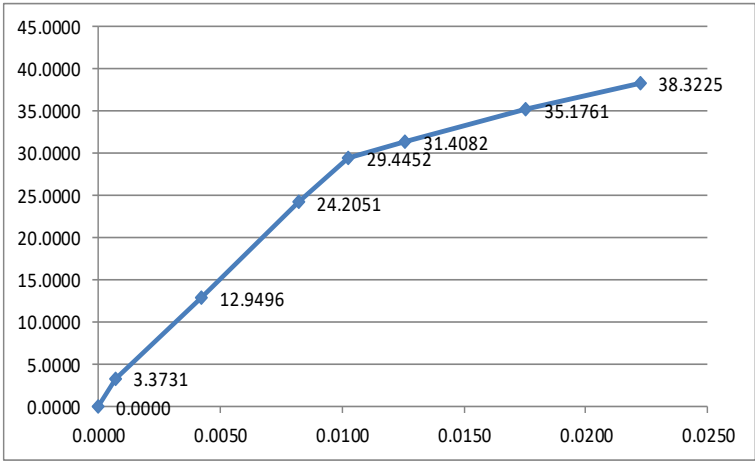
ϕ	M
0.0209	38.7876
0.0164	35.7081
0.0117	31.9857
0.0107	31.1257
0.0079	23.9208
0.0040	12.8223
0.0007	3.3731
0.0000	0.0000

Ductilidad= 1.9535

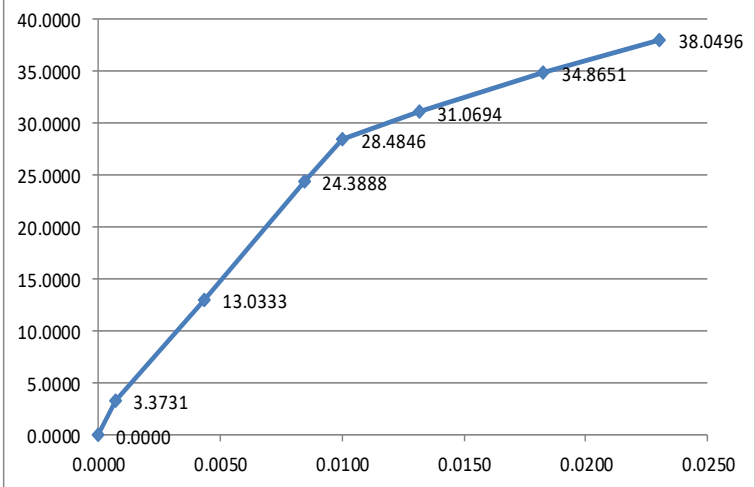


$\rho=2.535, e=20$

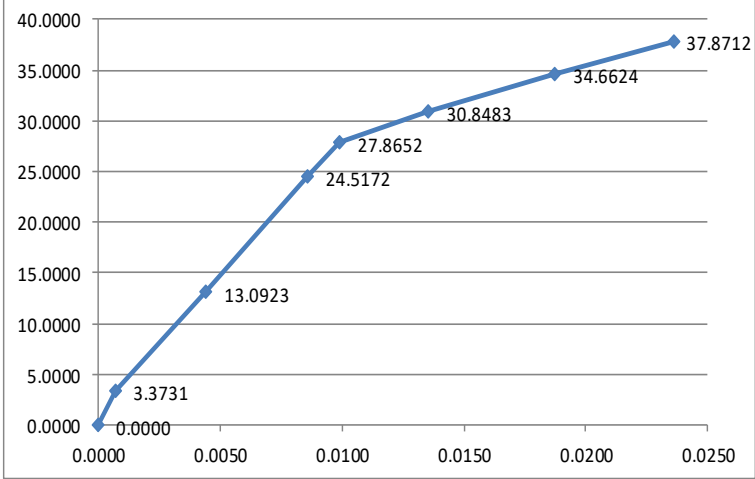
$\rho=2.535, e=80$	
ϕ	M
0.0222	38.3225
0.0175	35.1761
0.0126	31.4082
0.0103	29.4452
0.0082	24.2051
0.0042	12.9496
0.0007	3.3731
0.0000	0.0000
Ductilidad = 2.1656	



$\rho=2.535, e=100$	
ϕ	M
0.0230	38.0496
0.0183	34.8651
0.0131	31.0694
0.0100	28.4846
0.0084	24.3888
0.0043	13.0333
0.0007	3.3731
0.0000	0.0000
Ductilidad = 2.2971	



$\rho=2.535, e=120$	
ϕ	M
0.0236	37.8712
0.0187	34.6624
0.0135	30.8483
0.0099	27.8652
0.0086	24.5172
0.0044	13.0923
0.0007	3.3731
0.0000	0.0000
Ductilidad = 2.3865	

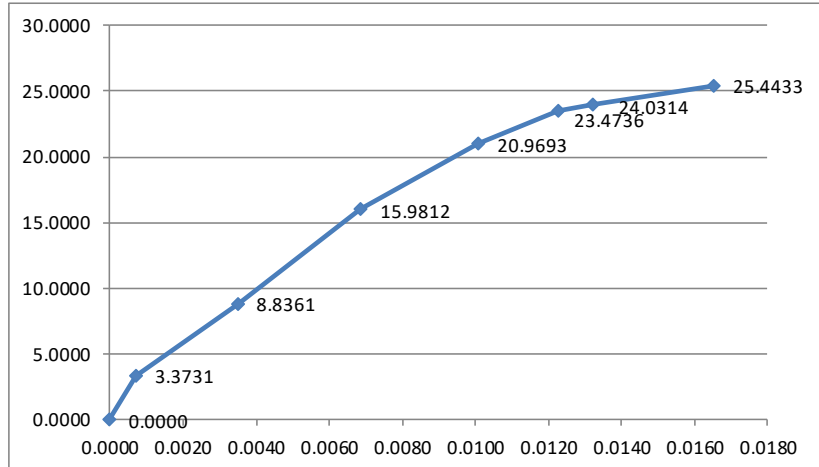


r=0.63, e=20

$\rho=0.63, e=20$

j	M
0.0165	25.4433
0.0132	24.0314
0.0123	23.4736
0.0101	20.9693
0.0069	15.9812
0.0035	8.8361
0.0007	3.3731
0.0000	0.0000

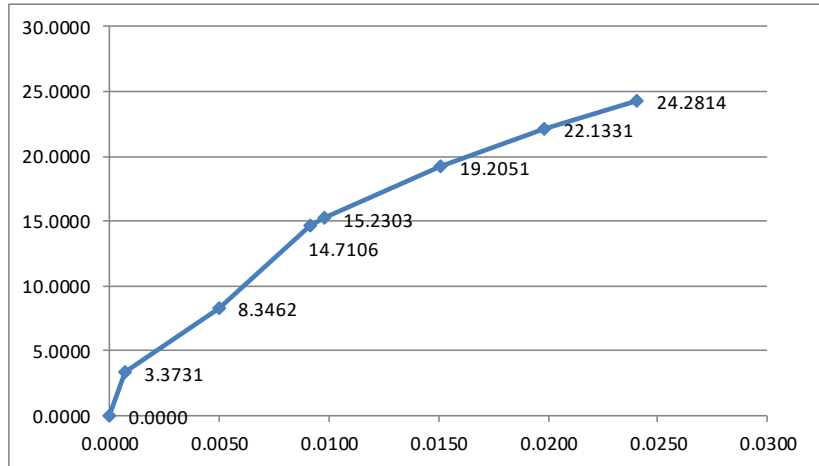
Ductilidad= 1.3447



$\rho=0.63, e=40$

ϕ	M
0.0240	24.2814
0.0198	22.1331
0.0151	19.2051
0.0097	15.2303
0.0091	14.7106
0.0050	8.3462
0.0007	3.3731
0.0000	0.0000

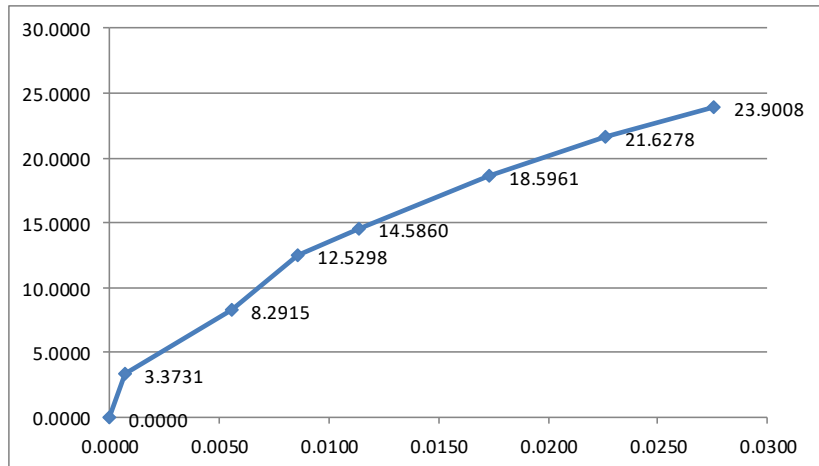
Ductilidad= 2.6353



$\rho=0.63, e=60$

ϕ	M
0.0276	23.9008
0.0226	21.6278
0.0173	18.5961
0.0114	14.5860
0.0086	12.5298
0.0056	8.2915
0.0007	3.3731
0.0000	0.0000

Ductilidad= 3.2149

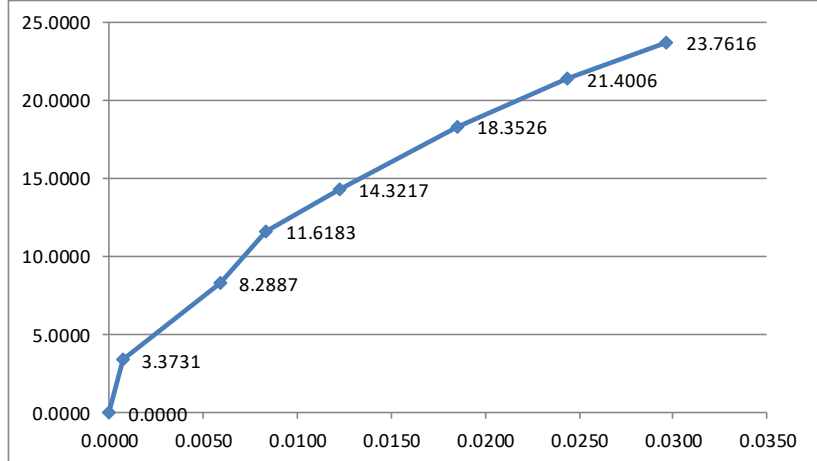


r=0.63, e=20

$\rho=0.63, e=80$

ϕ	M
0.0296	23.7616
0.0244	21.4006
0.0185	18.3526
0.0122	14.3217
0.0084	11.6183
0.0059	8.2887
0.0007	3.3731
0.0000	0.0000

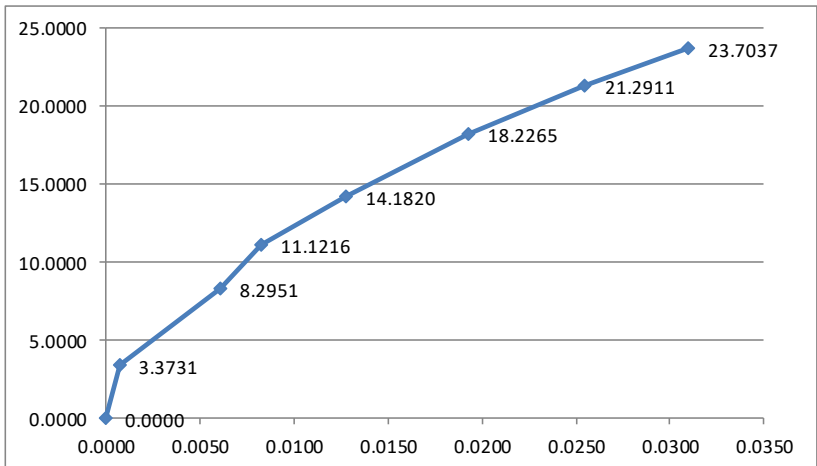
Ductilidad= 3.5495



$\rho=0.63, e=100$

ϕ	M
0.0310	23.7037
0.0255	21.2911
0.0193	18.2265
0.0128	14.1820
0.0082	11.1216
0.0061	8.2951
0.0007	3.3731
0.0000	0.0000

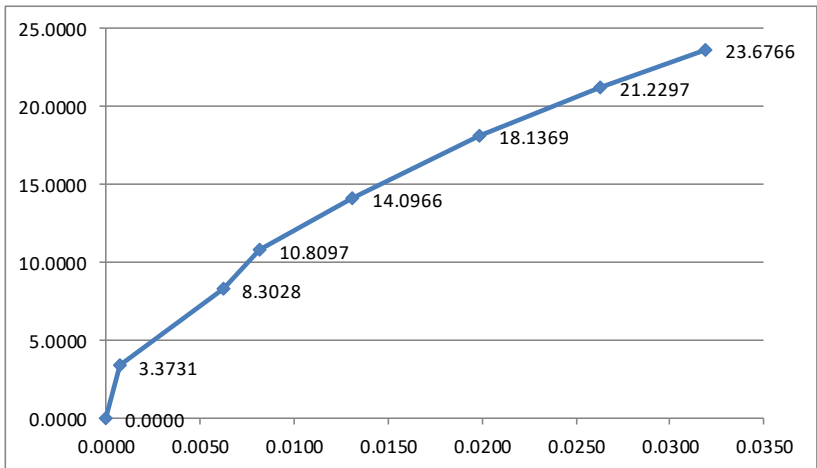
Ductilidad= 3.7614



$\rho=0.63, e=120$

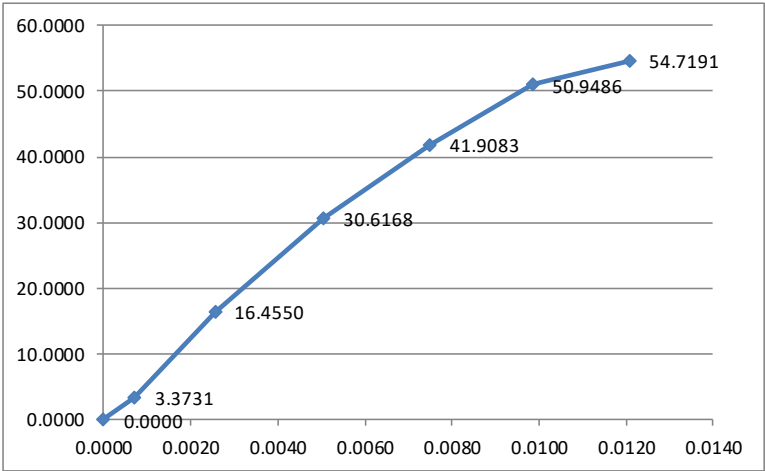
ϕ	M
0.0319	23.6766
0.0263	21.2297
0.0199	18.1369
0.0131	14.0966
0.0082	10.8097
0.0062	8.3028
0.0007	3.3731
0.0000	0.0000

Ductilidad= 3.9077

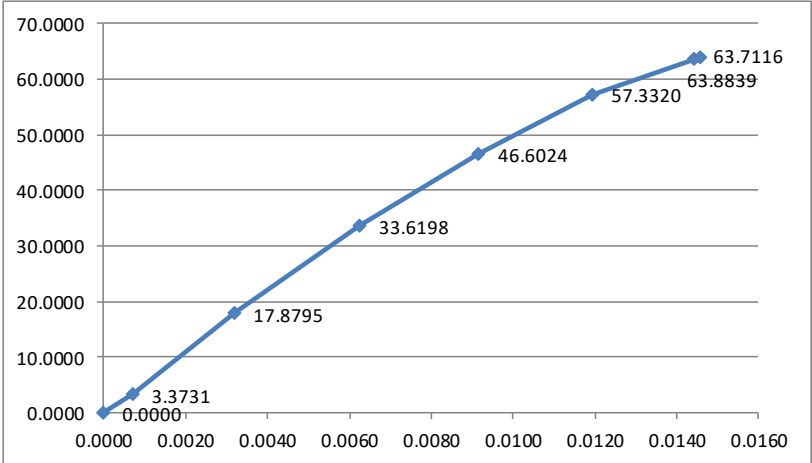


r=5.70, e=20

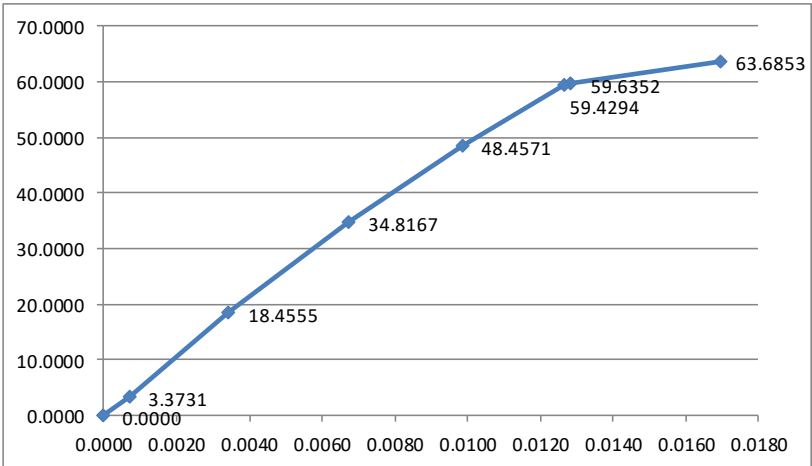
ρ=5.70, e=20		
j	M	
0.0294	55.8345	<i>Busc.Flue.</i>
0.0121	54.7191	
0.0099	50.9486	
0.0075	41.9083	
0.0051	30.6168	
0.0026	16.4550	
0.0007	3.3731	
0.0000	0.0000	
Ductilidad= 1.0000		



ρ=5.70, e=40		
φ	M	
0.0144	63.7116	<i>Busc.Flue.</i>
0.0119	57.3320	
0.0092	46.6024	
0.0062	33.6198	
0.0032	17.8795	
0.0007	3.3731	
0.0000	0.0000	
Ductilidad= 0.9886		



ρ=5.70, e=60		
φ	M	
0.0170	63.6853	<i>Busc.Flue.</i>
0.0128	59.6352	
0.0098	48.4571	
0.0067	34.8167	
0.0034	18.4555	
0.0007	3.3731	
0.0000	0.0000	
Ductilidad= 1.3380		

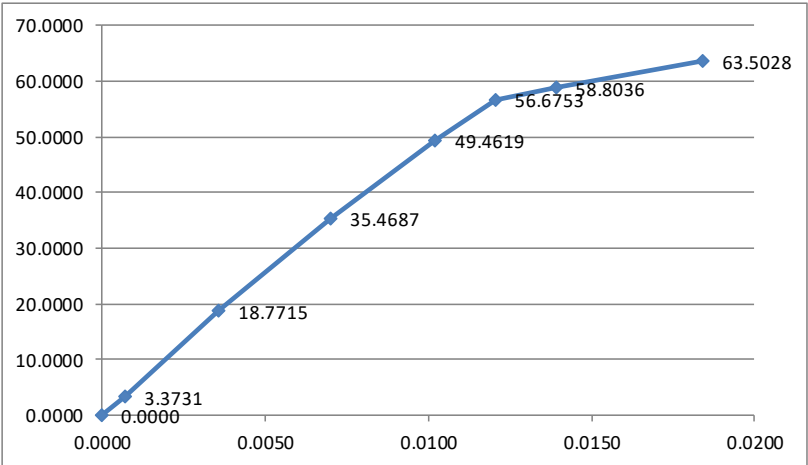


r=5.70, e=20

$\rho=5.70, e=80$

ϕ	M
0.0184	63.5028
0.0139	58.8036
0.0120	56.6753
0.0102	49.4619
0.0070	35.4687
0.0036	18.7715
0.0007	3.3731
0.0000	0.0000

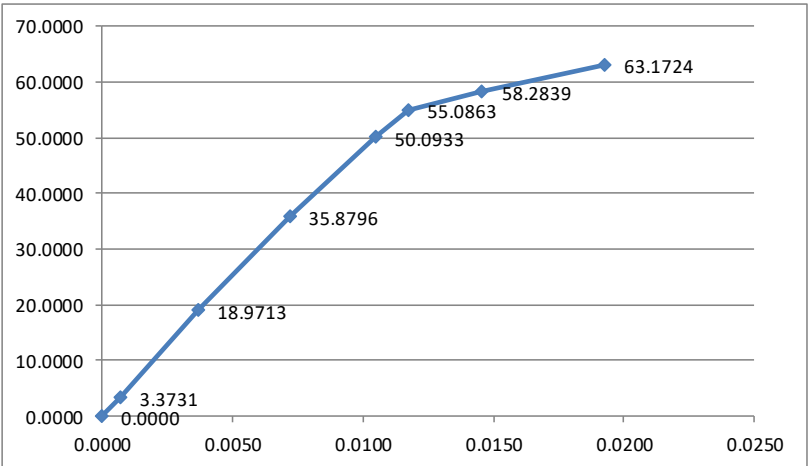
Ductilidad= 1.5279



$\rho=5.70, e=100$

ϕ	M
0.0192	63.1724
0.0146	58.2839
0.0117	55.0863
0.0105	50.0933
0.0072	35.8796
0.0037	18.9713
0.0007	3.3731
0.0000	0.0000

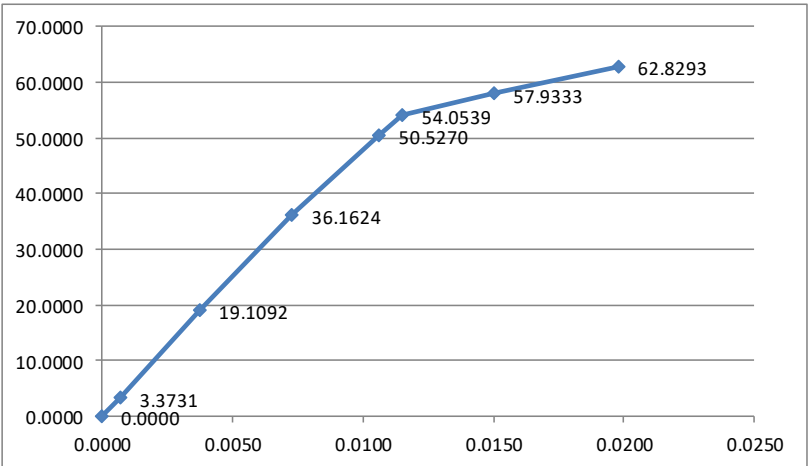
Ductilidad= 1.6437



$\rho=5.70, e=120$

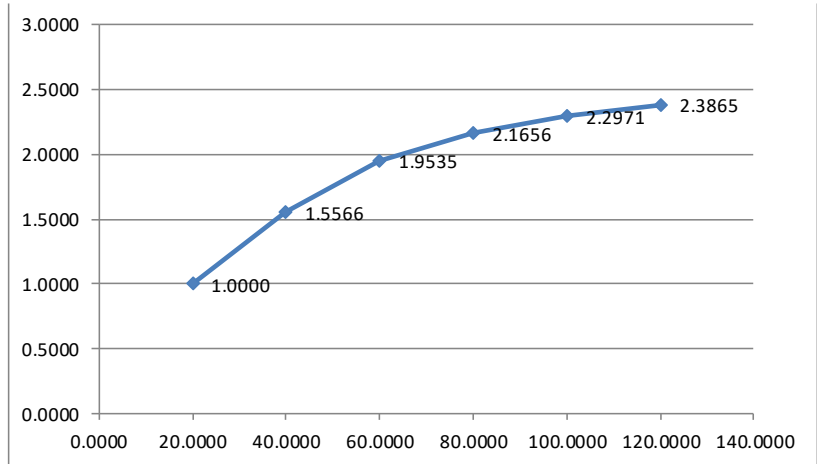
ϕ	M
0.0198	62.8293
0.0150	57.9333
0.0115	54.0539
0.0106	50.5270
0.0073	36.1624
0.0037	19.1092
0.0007	3.3731
0.0000	0.0000

Ductilidad= 1.7196

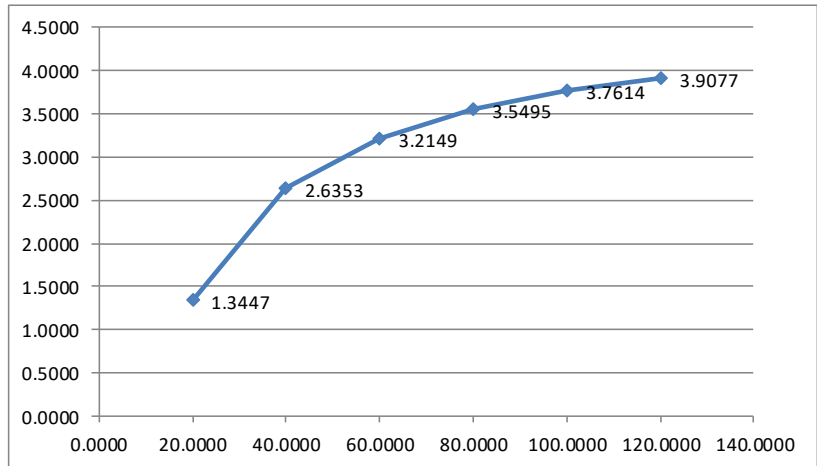


3.3 Concentrado

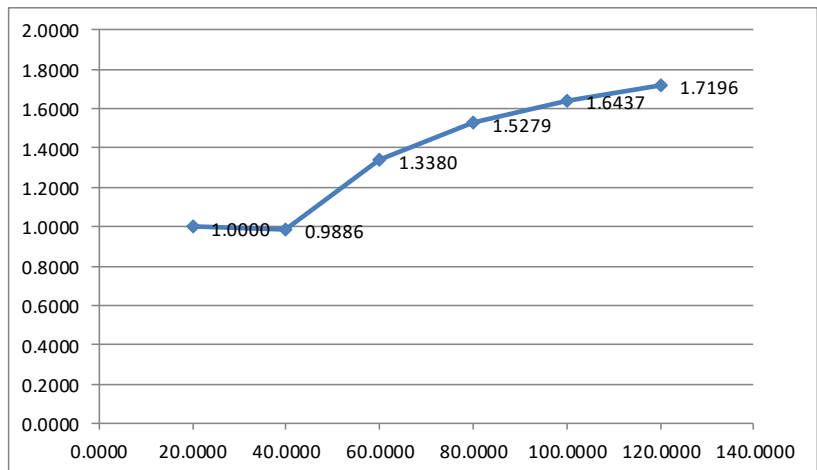
ρ	e	Duct.
2.3500	20.0000	1.0000
	40.0000	1.5566
	60.0000	1.9535
	80.0000	2.1656
	100.0000	2.2971
	120.0000	2.3865



ρ	e	Duct.
0.6300	20.0000	1.3447
	40.0000	2.6353
	60.0000	3.2149
	80.0000	3.5495
	100.0000	3.7614
	120.0000	3.9077

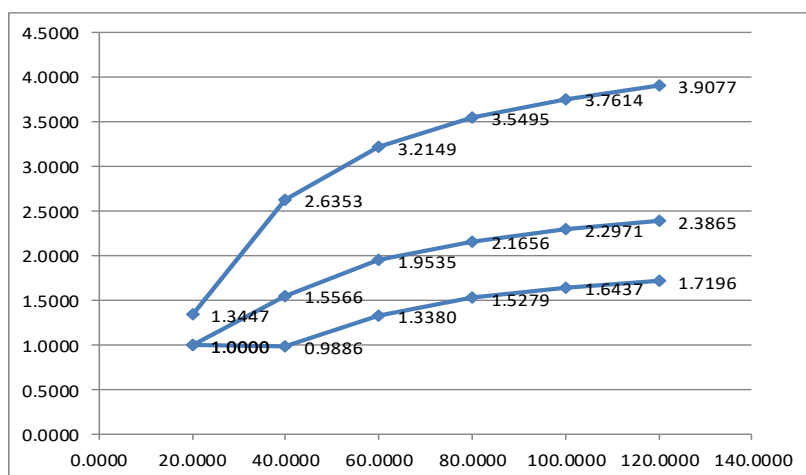


ρ	e	Duct.
5.7000	20.0000	1.0000
	40.0000	0.9886
	60.0000	1.3380
	80.0000	1.5279
	100.0000	1.6437
	120.0000	1.7196



Concentración de gráficas

ρ	e	Duct.
0.6300	20.0000	1.3447
	40.0000	2.6353
	60.0000	3.2149
	80.0000	3.5495
	100.0000	3.7614
	120.0000	3.9077
2.3500	20.0000	1.0000
	40.0000	1.5566
	60.0000	1.9535
	80.0000	2.1656
	100.0000	2.2971
	120.0000	2.3865
5.7000	20.0000	1.0000
	40.0000	0.9886
	60.0000	1.3380
	80.0000	1.5279
	100.0000	1.6437
	120.0000	1.7196



CAPITULO IV.- RESULTADOS.

Una vez obtenidos los resultados de los cálculos, podemos analizar cada caso, según los parámetros determinados. Tomando un orden, analizaremos primeramente los resultados obtenidos para el caso sin reforzamiento con bandas de polímeros y posteriormente el caso con estas bandas. Para ambos casos se analizan según los parámetros establecidos correspondientes a la excentricidad.

4.1 Modelo sin bandas de PRFC

De forma general, para el caso sin refuerzo de polímeros, se tiene que:

- a) Se comprueba que conforme se aumenta el valor de la excentricidad de 0.5h a 3h, la ductilidad del elemento resulta mayor.

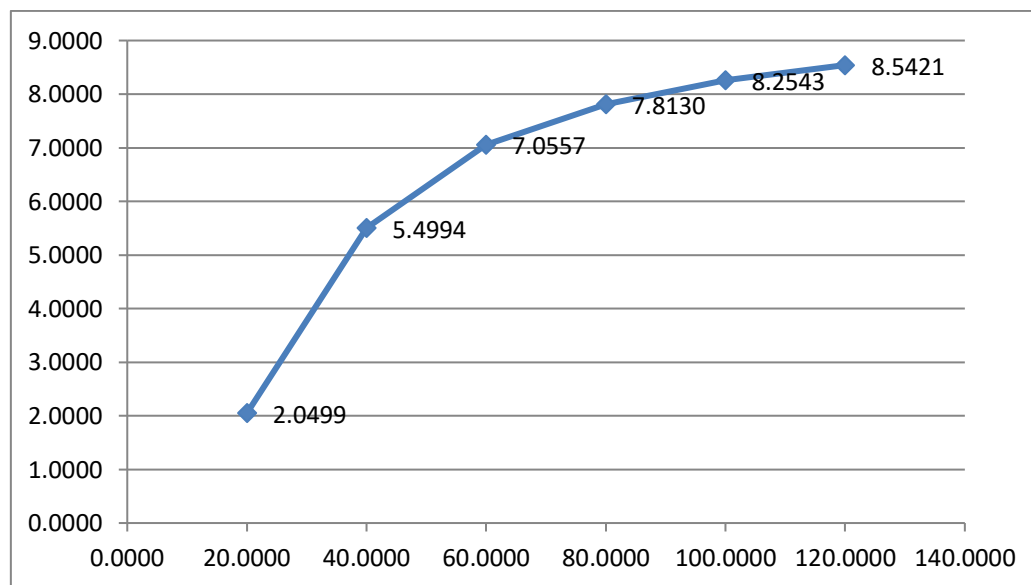


Figura 4-1. Variación de la ductilidad conforme se varía la excentricidad para una cuantía igual a 0.63%

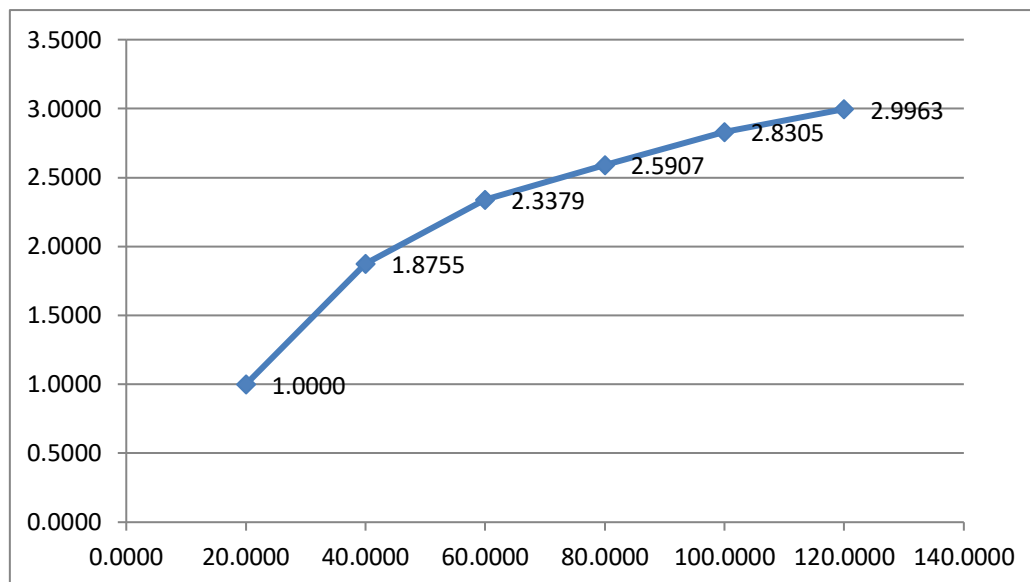


Figura 4-2. Variación de la ductilidad conforme se varía la excentricidad para una cuantía igual a 2.35%

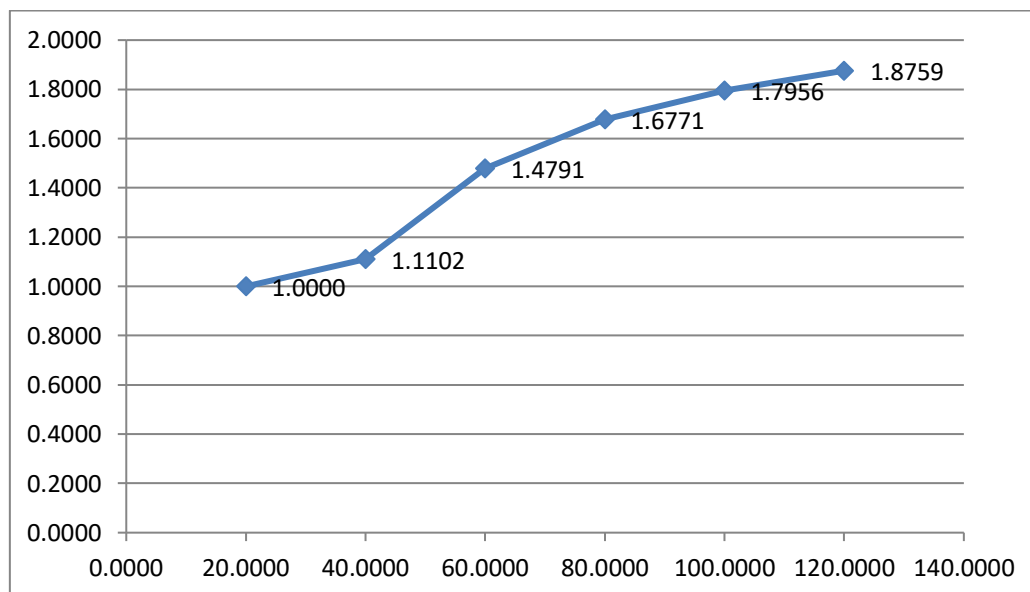


Figura 4-3. Variación de la ductilidad conforme se varía la excentricidad para una cuantía igual a 5.7%

- b) Entre mayor sea la cuantía de refuerzo, se tienen más casos en que no ocurre la fluencia, esto es, para una cuantía igual a 2.53% y 5.7% se tiene un caso en cada uno. Para todos

estos casos se ha comprobando que el valor necesario de la deformación unitaria para alcanzar la fluencia, es mayor a ε_{cu} (ver capítulo 3).

- c) Se ha comprobado que para valores mayores de la cuantía, la ductilidad disminuye, de la misma manera que, entre mayor sea la cuantía de refuerzo, se requiere de una deformación mayor para alcanzar la fluencia.

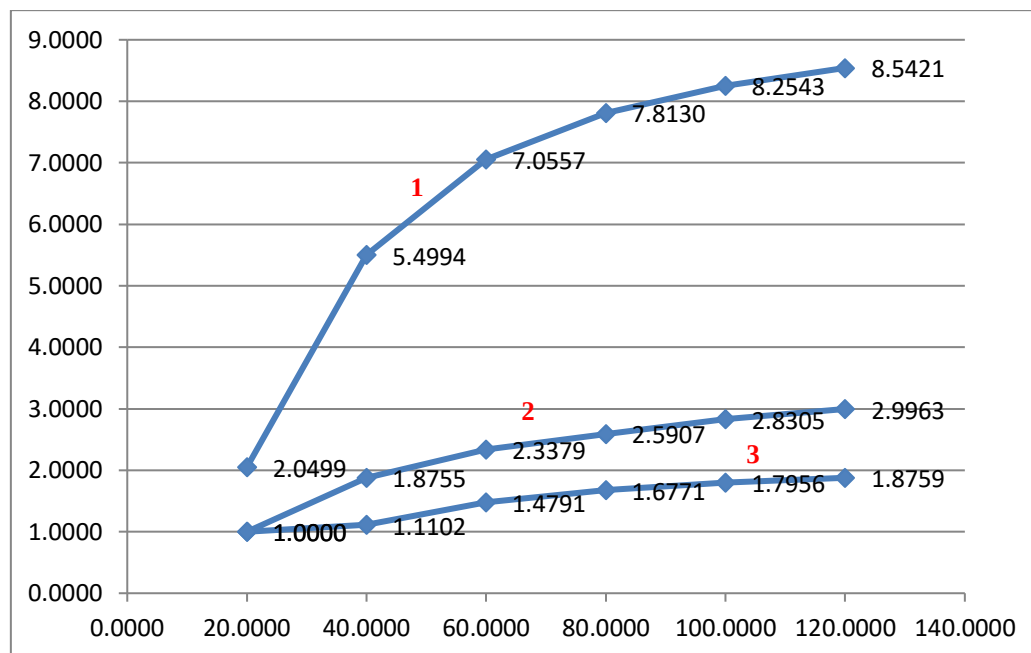


Figura 4-4. Variación de la ductilidad en función de la cuantía y de la excentricidad. (1) $\rho=0.63\%$, (2) $\rho=2.35\%$, (3) $\rho=5.7\%$,

4.2 Modelo con bandas de PRFC

Para el caso sin refuerzo de polímeros, se tiene que:

- a) De igual forma se comprueba que conforme se aumenta el valor de la excentricidad de 0.5h a 3h, la ductilidad del elemento resulta mayor.

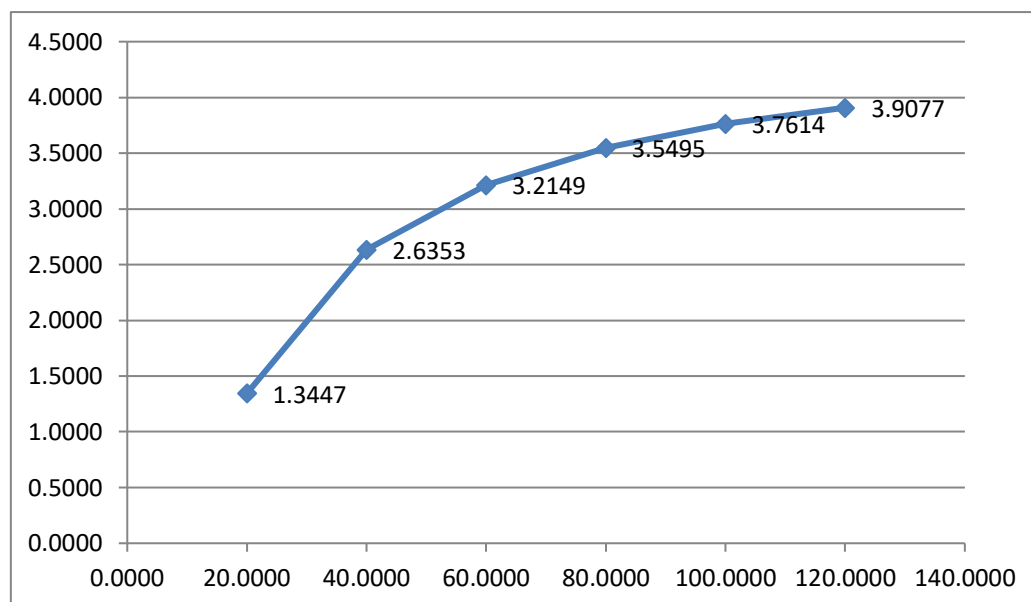


Figura 4-5. Variación de la ductilidad conforme se varía la excentricidad para una cuantía igual a 0.63%

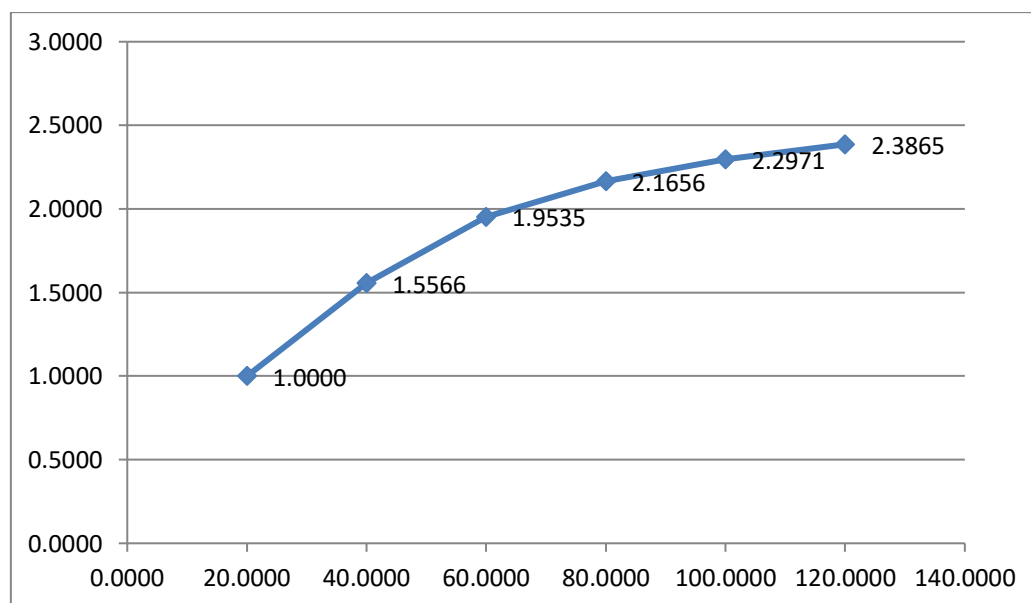


Figura 4-6. Variación de la ductilidad conforme se varía la excentricidad para una cuantía igual a 2.35%

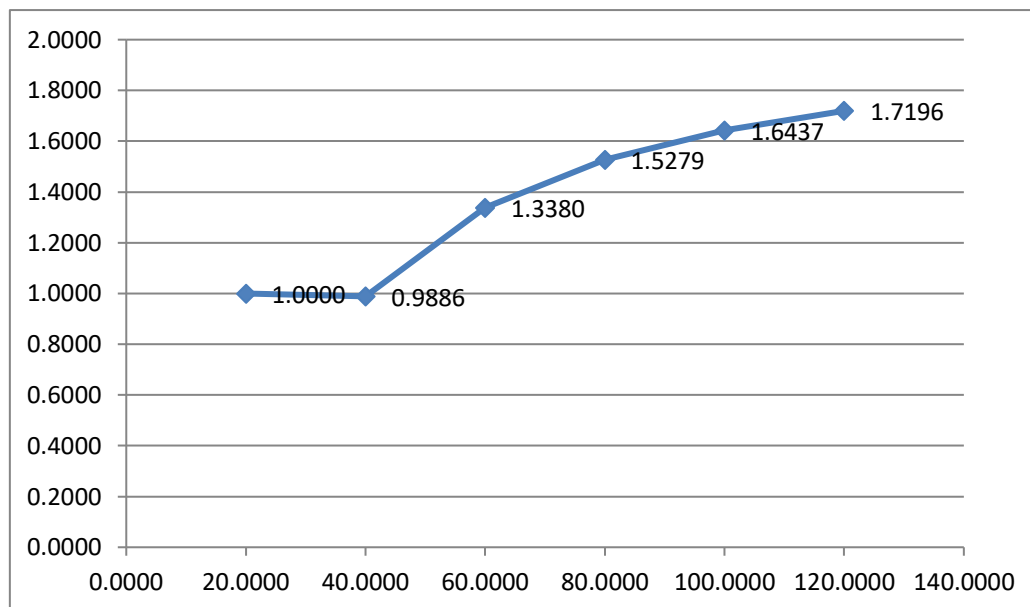


Figura 4-7. Variación de la ductilidad conforme se varía la excentricidad para una cuantía igual a 5.7%

- b) Igualmente sucede que entre mayor es la cuantía de refuerzo, menos ocurre la fluencia. Pero para este modelo se presentan tres casos, uno para la cuantía igual a 2.53%, correspondiente a la excentricidad igual a $0.5h$, y dos casos para la cuantía igual a 5.7%, para valores de excentricidad de $0.5h$ y h . De igual forma, para todos estos casos se ha obtenido el valor necesario de la deformación unitaria para alcanzar la fluencia, siendo en todos éstos, mayor a ϵ_{cu} (ver capítulo 4).
- c) Se ha comprobado que para valores mayores de la cuantía, la ductilidad disminuye, de la misma manera que, entre mayor sea la cuantía de refuerzo, se requiere de una deformación mayor para alcanzar la fluencia.

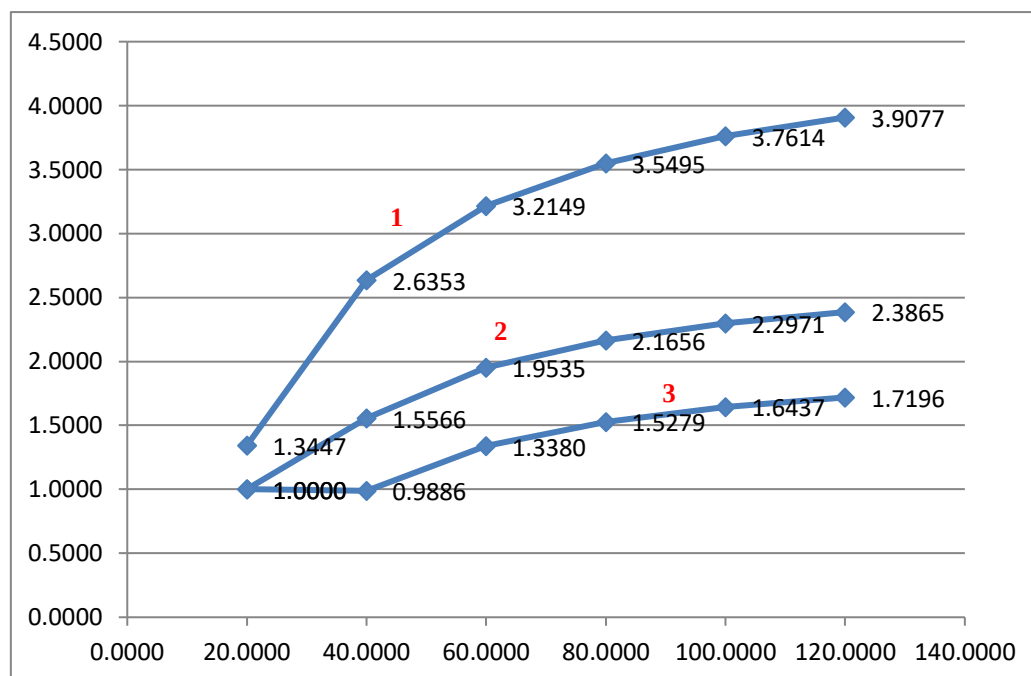


Figura 4-8. Variación de la ductilidad en función de la cuantía y de la excentricidad. (1) $\rho=0.63\%$,
(2) $\rho=2.35\%$, (3) $\rho=5.7\%$,

CAPITULO V.- CONCLUSIONES.

Como ya se ha detallado, se ha comprobado que incluir acero de refuerzo o en este caso bandas de polímeros reforzados con fibras de carbono en columnas de concreto armado, disminuye la ductilidad del elemento. Se puede observar que en una comparación de las gráficas de las figuras 4.4 y 4.8, el rango de ductilidad disminuye casi en un 50% al aumentar la resistencia con las fibras de carbono. Así mismo, se observa que la diferencia entre la cuantía media y la cuantía mínima es mucho mayor en elemento sin fibras de carbono, en un margen de $8.54 - 2.99 = 2.85$. En el caso de las cuantías media y máxima se mantienen más juntas para el caso sin fibras de carbono.

Para mejora apreciación podemos observar las tablas 6.1 y 6.2, que representan los valores de construcción de las gráficas de las figuras 4.4 y 4.8, respectivamente.

Tabla 5.1. Modelo sin FPRC

ρ	e	Duct.
0.6300	20.0000	2.0499
	40.0000	5.4994
	60.0000	7.0557
	80.0000	7.8130
	100.0000	8.2543
	120.0000	8.5421
2.3500	20.0000	1.0000
	40.0000	1.8755
	60.0000	2.3379
	80.0000	2.5907
	100.0000	2.8305
	120.0000	2.9963
5.7000	20.0000	1.0000
	40.0000	1.1102
	60.0000	1.4791
	80.0000	1.6771
	100.0000	1.7956
	120.0000	1.8759

Tabla 5.2. Modelo con FPRC

ρ	e	Duct.
0.6300	20.0000	1.3447
	40.0000	2.6353
	60.0000	3.2149
	80.0000	3.5495
	100.0000	3.7614
	120.0000	3.9077
2.3500	20.0000	1.0000
	40.0000	1.5566
	60.0000	1.9535
	80.0000	2.1656
	100.0000	2.2971
	120.0000	2.3865
5.7000	20.0000	1.0000
	40.0000	0.9886
	60.0000	1.3380
	80.0000	1.5279
	100.0000	1.6437
	120.0000	1.7196

Por lo tanto podemos concluir que el adicionar fibras de carbono en las columnas de concreto reforzado, de sección cuadrada y una distribución de acero uniforme, genera una disminución significativa (en el orden del 50%) de la ductilidad del elemento. Por lo que resulta recomendable evaluar la necesidad de la ductilidad del elemento, dependiendo del uso y función del elemento dentro de la estructura general.

REFERENCIAS

OJEDA, Mariano, 2011. Tecnología de los plásticos. Consulta: 19 de Marzo 2016.
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.pe/2011/11/fibra-de-carbono.html>.

Alegre Gago, Gianfranco (2017). Estudio de la influencia en la resistencia y ductilidad de las fibras de carbono utilizadas como reforzamiento de vigas de concreto armado. (Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú). Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9254>.

<http://fibradecarbonofau.blogspot.com/2016/06/fibra-de-carbono-como-material-de.html>

Hugo Hernández Barrios y César A. Elioza Orrantia (2014). Reforzamiento de puentes ubicados en la zona sísmica del pacífico mediante bandas de FRP. Puerto Vallarta, Jalisco. Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural.

H. Cuadros Abad, H. Orozco Recillas (2007). Intervención de estructuras con refuerzos CFRP. Querétaro, Querétaro. Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural.

Proaño Ricardo, 2007. Comportamiento de vigas de concreto armado reforzadas Con fibras de carbono (CFRP), CISMID – Facultad de Ingeniería Civil - Universidad Nacional de Ingeniería)

Daniel Toro Castillo, Otton Lara Montiel, 2009. Elaboración y análisis de curvas: “momento flector vs. curvatura” para secciones transversales de columnas de concreto reforzado diseñadas según el código ACI 318-2002.

Edgar I. Villagrán A.1, César Vera M.1, Ana Elena Posada S.1, 2013. Modelo Esfuerzo-Deformación Para Elementos De Concretos Reforzado Que Cumple Con Las Hipótesis De Las NTC RCDF 2004. Concreto y cemento. Investigación y desarrollo. Vol. 5 Núm. 1.