UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS
IC 2004
M7

COMPARACIÓN DE EDIFICACIONES PRISMÁTICAS SIMPLES O PRISMÁTICAS MÚLTIPLES, OBTENIBLES DE UN PRISMA MÁXIMO ENVOLVENTE.

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: 20 (veinte)

JURADO EXAMINADOR

Firma:
Nombre: MARIO PAPARONI

Firma:
Nombre: HENRIQUE ARNAL

Firma:
Nombre: Feo. Navera

REALIZADO POR	GLEEM MIRALLES
PROFESOR GUIA	MARIO PAPARONI
FECHA	Mayo de 2004

ÍNDICE

RESUMEN 1

INTRODUCCIÓN 2

METODOLOGÍA 4

Características de los modelos 4

Clasificación de Modelos simplificados: 5

Escogencia de la Muestra a analizar en los modelos 8

Análisis 9

MARCO TEÓRICO 12

Sismo Rotante 12

Gráficas de reacciones y respuesta 14

Ecuación de la elipse 15

Comportamiento Estructural 17

DESARROLLO 20

Establecimiento de un comportamiento regular 20

Análisis del Modelo A.1 29

Caso Especial del Modelo A.1 35

Análisis del Modelo A 42

Análisis del Modelo B 49

Análisis del Modelo C 54

Análisis del Modelo C.1 58

Análisis del Modelo C.2 60

ÍNDICE

RESUMEN 1

INTRODUCCIÓN 2

METODOLOGÍA 4

Características de los modelos 4

Clasificación de Modelos simplificados: 5

Escogencia de la Muestra a analizar en los modelos 8

Análisis 9

MARCO TEÓRICO 12

Sismo Rotante 12

Gráficas de reacciones y respuesta 14

Ecuación de la elipse 15

Comportamiento Estructural 17

DESARROLLO 20

Establecimiento de un comportamiento regular 20

Análisis del Modelo A.1 29

Caso Especial del Modelo A.1 35

Análisis del Modelo A 42

Análisis del Modelo B 49

Análisis del Modelo C 54

Análisis del Modelo C.1 58

Análisis del Modelo C.2 60

CONCLUSIONES 63

BIBLIOGRAFÍA 70

ANEXOS 71

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo, consiste en usar las formas cónicas asociadas para entender y comprender con mayor claridad el comportamiento sísmico que tiene una edificación, sin importar en que dirección ataque el sismo a dicha edificación. La metodología es la más simple, no se hace mucho énfasis en los resultados numéricos, sino más bien, se enfocó en las formas de las gráficas como la fuente principal de información, así como también el uso de modelos simplificados para establecer condiciones controladas para el experimento.

Las principales limitaciones son las escasas o nulas referencias, ya que este tipo de estudio con las formas cónicas asociadas es una nueva tendencia de investigación, que ofrece una nueva perspectiva del análisis del comportamiento de estructuras aporticadas bajo solicitaciones sísmicas. El tiempo disponible para investigar sobre el tema fue un factor totalmente limitante para la investigación, ya que a medida que se avanzó en el tema, éste se convirtió en un campo no explorado y muy profundo.

Entre los múltiples análisis se llega a la conclusión más importante, que es una definición de un comportamiento regular, el cual no es exclusivo de una planta geométricamente regular; así mismo la introducción de varios términos para definir las estructuras según su comportamiento sísmico gracias a las formas cónicas asociadas.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de cada vez llegar más al límite de las edificaciones por diversos motivos, ya sea de forma, función, arquitectura, espacio, en lugares donde la naturaleza nos reta con uno de los fenómenos más interesantes, pero a la vez, el más peligroso desde todo punto de vista, como lo es un sismo. Por tal motivo se debe comprender a fondo como es la reacción de una edificación sin tener que llegar al extremo de que suceda el fenómeno para estudiar cual fue la respuesta de dichas edificaciones, mientras seguimos corriendo el riesgo de la incertidumbre y la ignorancia sobre su comportamiento. Esto da origen a este Trabajo Especial de Grado.

Se ha logrado en este trabajo un nuevo avance en el estudio del comportamiento de las edificaciones ante los efectos sísmicos, gracias al cambio de la perspectiva de ataque en su estudio, ya que no se le da tanto peso a los valores numéricos como en otras investigaciones sobre el tema y se enfoca la intima relación de las edificaciones con las formas cónicas asociadas, como lo son las circunferencias y las elipses, las cuales dan los primeros pasos en una nueva línea de investigación y de entendimiento del comportamiento. El cual se logró con la ayuda de programas de análisis estructural y de herramientas estadísticas de regresión no lineal, las cuales jugaron un papel muy importante al transformar la información numérica del análisis estructural en una información netamente gráfica, para que de esta forma se ejecutara un análisis comparativo de dicha información gráfica y lograr el objetivo general que ocupa esta investigación: *"Usar las formas cónicas asociadas (elipses y circunferencias), de una*

edificación como elemento de juicio ante los efectos sísmicos multidireccionales, a través de distintos modelos de configuraciones típicas proyectadas en la actualidad, y a su vez, la obtención de tablas que desarrollen patrones de comparación y de comportamiento ante sismos multidireccionales", que a final de cuentas se convertirá en una poderosa herramienta para el ingeniero, ya que tendrá en sus manos una técnica para estudiar el comportamiento estructural, que los programas comerciales no ofrecen y a la vez, se tendrá la capacidad de contar con una base referencial y teórica del comportamiento de los desplazamientos nodales, los momentos flectores y la torsión en las columnas, al momento de diseñar una edificación que en algún futuro se pueda ver afectada con la acción de un sismo.

Aun cuando esta investigación sea realizada con modelos simplificados, estos contienen una vital información. Desde luego que los modelos más complejos ofrecen mayor información aún, por tal motivo se tomó un edificio prismático máximo que englobe a todos los modelos y de ahí en adelante se crearon los modelos simplificados, además que el estudio de edificaciones reales, sin base alguna, no es la mejor estrategia para iniciar una investigación, lo cual limita enormemente la investigación

METODOLOGÍA

Para la ejecución del presente trabajo, se parte de las conclusiones obtenidas en el trabajo especial de grado de la bachiller Daniela Chacón, el cual se concentró en una sola edificación, un proyecto real, para extenderlo a múltiples formas de edificaciones, estudiando la acción de una misma fuerza sísmica, de magnitud constante, aplicada en distintas direcciones, o sismo rotante. Al mismo tiempo por medio de una representación gráfica de los datos, obtenidos de procedimientos numéricos, se examinó el comportamiento de varias edificaciones, utilizando modelos simplificados, para aislar y controlar el mayor número de variables, variando el ángulo de entrada del sismo y también variando las características propias de los modelos a estudiarse. Esta investigación se fundamentó principalmente en el análisis de resultados, pero los resultados más importantes fueron las gráficas, más que los números, como ya se había anunciado previamente y su desarrollo se fundamenta principalmente en estos análisis.

Características de los modelos

Todos los modelos que utilizaremos en este trabajo tienen como caracteristicas comunes la altura, las dimensiones transversales, fijas, de las columnas(40x40cm) y las de las vigas 40x60cm, siempre y cuando no haya una variación configuracional intencional en los modelos, ya que no todos los modelos respetan esta condición. Todos los modelos de edificaciones son llevados a su expresión más simple para

reducir la cantidad de variables no controladas que pueda presentar una edificación compleja. Por lo tanto se establecieron varios modelos y sus variaciones internas de la siguiente manera:

Clasificación de Modelos simplificados:

- Modelo patrón Tipo 0
    - Modelo Tipo A
    - Modelo Tipo A.1
- Modelo Tipo B
- Modelo Tipo C
    - Modelo Tipo C.1
    - Modelo Tipo C.2

Las características geométricas y físicas de cada uno de los modelos son las siguientes: Para el Modelo 0, se tiene una planta cuadrada, con pórticos perpendiculares iguales entre sí, con una distancia entre ejes de 5mt y una altura de 3mt. Sus todas columnas son de 40x40cm y todas sus vigas son de 40x60cm. Según lo muestra la **figura 1**.

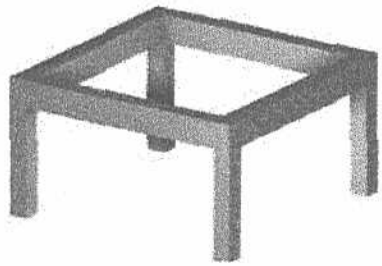


Figura 1

Para el Modelo A, se tiene también una planta cuadrada, con pórticos perpendiculares entre sí, con una distancia entre ejes de 5m y una altura de 3m. Sus columnas son de 60x60cm menos una que queda en 40x40 y sus vigas de 40x60cm. Según como lo muestra la **figura 2**

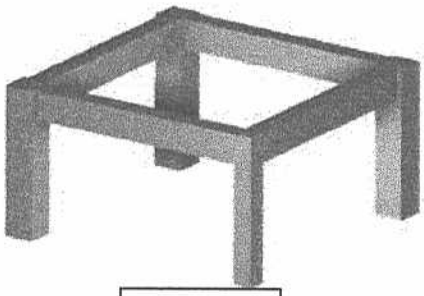


Figura 2

Para el Modelo A.1, se tiene también una planta cuadrada, con pórticos perpendiculares entre sí, con una distancia entre ejes de 5mt y una altura de 3mt. Sus columnas son de 60x60cm, menos dos columnas que mantienen sus dimensiones en 40x40cm y sus vigas de 40x60cm. Según lo muestra la **figura 3**

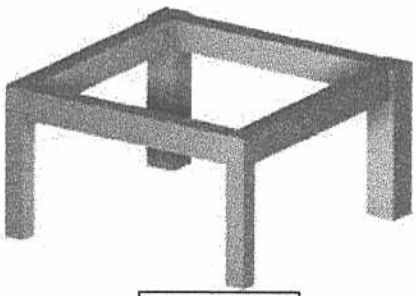


Figura 3

Para los modelos siguientes las modificaciones son mayores, tanto en planta como con los pórticos. El Modelo Tipo B, tiene una planta formadas por tres cuadrados, con pórticos perpendiculares, con una distancia entre ejes de 5m y una altura de 3m. Sus columnas son de 40x40cm, menos una columna cuyas dimensiones son 60x60cm y sus vigas, que son de 40x60cm. Según lo muestra la **figura 4**

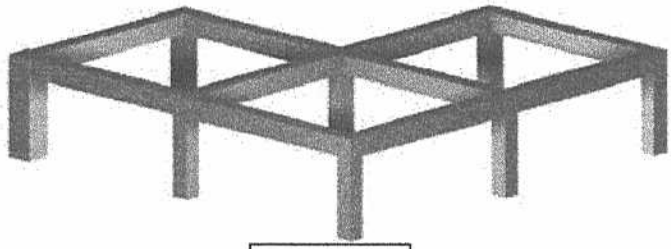


Figura 4

El Modelo Tipo C, tiene una planta formada por cuatro cuadrados, con pórticos perpendiculares, con una distancia entre ejes de 5m y una altura de 3m. Sus columnas son de 40x40cm y sus vigas de 40x60cm. Según lo muestra la **figura 5**

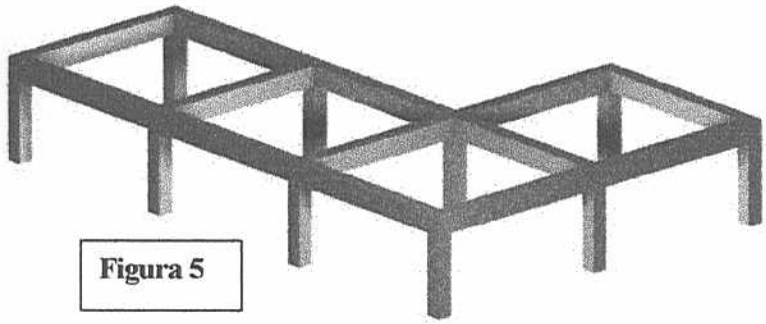


Figura 5

El Modelo Tipo C.1, tiene una planta formadas por cuatro cuadrados, con pórticos perpendiculares con una distancia entre ejes de 5mt y una altura de 3mt y adicionalmente tiene un pórtico oblicuo de 45° de inclinación respecto a las direcciones principales de los pórticos. Sus columnas son de 40x40cm y sus vigas de 40x60cm. Según lo muestra la **figura 6**

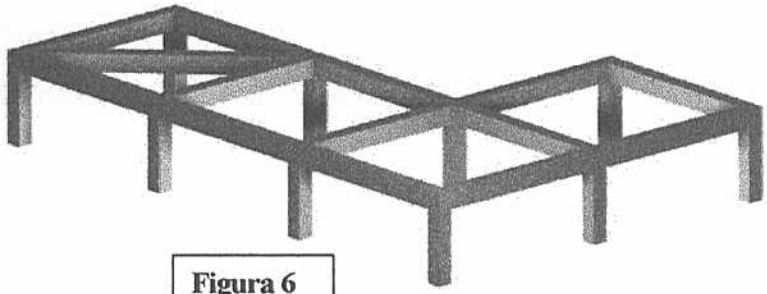


Figura 6

El Modelo Tipo C.2, conformado en su totalidad con pórticos oblicuos, de 45° de inclinación respecto a las direcciones principales de los pórticos anteriores. Todas sus columnas son de 40x40cm y todas sus vigas de 40x60cm. Tal como lo muestra la **figura 7**

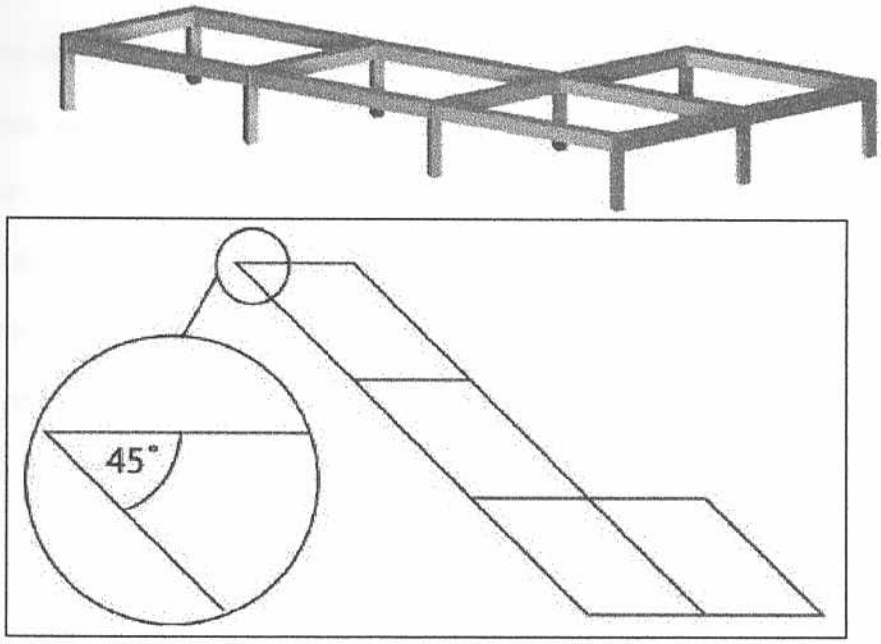


Figura 7

Escogencia de la Muestra a analizar en los modelos

Se decidió analizar todas las columnas para el Modelo 0 ó patrón y también para todos los Tipo A, mientras que en los otros modelos, debido a la cantidad de columnas disponibles para analizar se tomaron sólo tres columnas particulares las cuales tienen la característica de ser columnas externas y esquineras para todos los modelos restantes. Además todo el estudio se realizó en la parte superior de las columnas, a lo que se refiere a los desplazamientos, momentos y torsión.

Análisis

La aplicación del sismo rotante fue hecha bajo condiciones controladas, aplicándolo en el centro de rigidez y conservando una magnitud constante, así mismo como también se controló la dirección en la cual se aplica el sismo, mediante la cual se obtiene una gama de resultados de respuesta (desplazamientos), y de reacciones (momentos flectores y torsores), sobre las columnas en estudio. Las cargas gravitacionales no se incluyeron en el análisis, para evitar la contaminación de la información al momento de su estudio. Todas las cargas sísmicas fueron de igual magnitud en todo momento, una carga impuesta de **10ton,** como la acción sísmica horizontal, aplicada sobre el centro de rigidez de la planta de la estructura o para este caso, de los modelos.

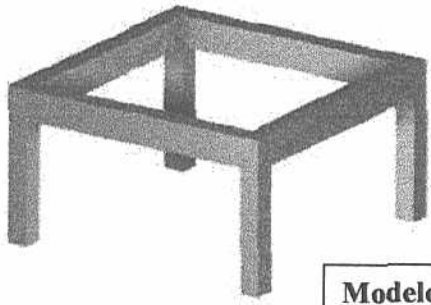
A partir de estos cálculos y los datos obtenidos antes descritos, se tomaron en cuenta los valores de los desplazamientos en el plano (Ux y Uy) aun cuando también se obtengan los valores espaciales de los desplazamientos (Uz), sólo los valores de los desplazamientos en el plano serán estudiados a través de las gráficas de estos valores. Adicionalmente los valores asociados con las Reacciones de los momentos flectores y torsores, serán estudiados por completo; (Mx, My, T) y serán graficados por completo ya que la forma de estudio del comportamiento no se asocia principalmente a la magnitud de la acción, sino más bien al conjunto de resultados que darán forma a la gráfica, la cual será la fuente principal de información para establecer los comportamientos de estos modelos antes los efectos de acciones sísmicas.

Adicionalmente se aplicó una técnica particular de representación de las figuras, la cual es una composición de figuras y gráficas llamada SET. Esta técnica nos permite observar una referencia de la planta de la edificación en estudio junto con, las gráficas de momentos y de desplazamientos, según sea el caso y además otras referencias útiles para su entendimiento. En todas las gráficas, para simplificar sus elementos, no se colocaron las unidades correspondientes, por tal motivo, todas las gráficas están con las siguientes unidades: para desplazamientos, Centímetros, para los momentos (flectores y torsores), Toneladas-Metro y los ángulos en Grados.

Las variaciones de direcciones del sismo, no son constantes, ya que para poder establecer una buena correlación de los datos o de los puntos obtenidos, una variación de 30° es muy grande y solo nos proporcionan 12 puntos para establecer las gráficas, por tal motivo el uso de programas numéricos no tendría la suficiente data para ser confiables, esto se traduce entonces en fijar los puntos notables (0°, 90°, 180°, 270°) y hacer una variación de 20° para llegar a un total de 20 puntos que satisfacen los programas numéricos para elaborar las gráficas, ya que otros programas como el Excel, solo ajustan la curva a los puntos y no generan una ecuación para definir ese ajuste, por lo tanto se utilizó un programa especial de regresiones no lineales, para obtener las gráficas lo mas exactamente posible tanto en forma como en escala.

En b que se refiere a los modelos, se partió de un modelo patrón, Modelo 0, el cual tiene como característica principal que su estructura desde todo punto de vista es regular y doblemente simétrica, por lo tanto no hay duda de que su comportamiento lo es también, por tal motivo se usa como la primera referencia de comparación para

determinar las causas en las desviaciones del comportamiento regular, ante los efectos sísmicos.



Modelo 0

Posteriormente los modelos se desarrollaron en busca de unas variaciones específicas en sus características físicas principales, para obtener cambios de comportamiento. Las variables que se modificaron son:

- Desplazamiento del centro de rigidez con respecto al centro de masa, con traslación paralela simple de los ejes principales de inercia del modelo.
- Desplazamiento del centro de rigidez con respecto al centro de masa, con traslación doble y rotación de los ejes principales de inercia del modelo.
- Eliminación de la simetría en planta
- Combinación de pórticos ortogonales con pórticos oblicuos
- Sustitución de los pórticos ortogonales por pórticos oblicuos.

Para finalmente poder comparar las diferencias en el comportamiento con las de otros modelos, eso se hizo a través de las formas cónicas asociadas, y así se pudo también determinar el origen de cada desviación con la información necesaria para establecer los comportamientos ante efectos sísmicos en cualquier dirección.

MARCO TEÓRICO

Sismo Rotante

El efecto sísmico fue simulado mediante una carga estática de **10 toneladas**, aplicada en el centro de rigidez de cada modelo, con la característica de ser constante en magnitud, pero no así en dirección, por tal motivo se le llama rotante. La variación de la dirección no tiene una técnica establecida, a lo que se refiere a cuales son los puntos requeridos para emplear esta técnica del sismo rotante, aunque las normas sismo resistentes lo maneja empleando al menos 8 puntos distintos de estudio según el criterio aplicado, ya sea CQC3, Raíz cuadrada o Valor absoluto. Esto puede variar. Sin embargo, para este caso en particular se emplearon 20 puntos distintos para el ángulo de ataque del sismo sobre el modelo, distribuidos de la siguiente forma:

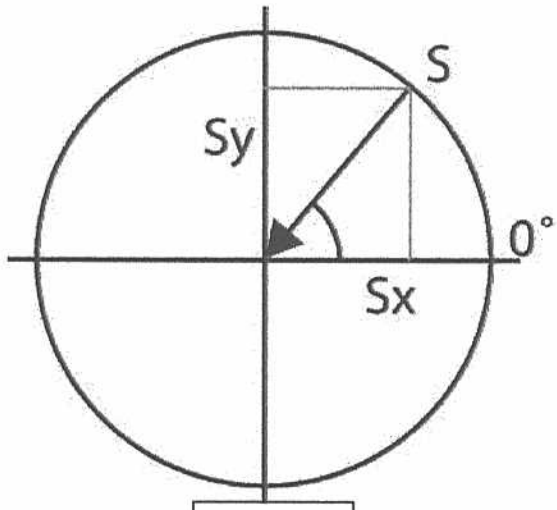


Figura 8

Para Valores en toneladas:

Ángulo del Sismo	Sismo X	Sismo Y
0	-10,00	0,00
20	-9,40	-3,42
40	-7,66	-6,43
60	-5,00	-8,66
80	-1,74	-9,85
90	0,00	-10,00
110	3,42	-9,40
130	6,43	-7,66
150	8,66	-5,00
170	9,85	-1,74
180	10,00	0,00
200	9,40	3,42
220	7,66	6,43
240	5,00	8,66
260	1,74	9,85
270	0,00	10,00
290	-3,42	9,40
310	-6,43	7,66
330	-8,66	5,00
350	-9,85	1,74

Tabla 1

La anterior tabla representa los valores descompuestos del sismo, tomando en cuenta los cambios de signo, ya que el ángulo solo indica la dirección pero el signo indica el sentido, así como se indica en la **figura 8**.

Gráficas de reacciones y respuesta

Luego de obtener los resultados numéricos del análisis estructural, hay que transformar esos resultados en las gráficas deseadas. Para el objetivo de este trabajo, se requieren las gráficas de desplazamientos y de solicitaciones (momentos flectores y torsores). Los algoritmos simples que los programas de graficación usuales nos ofrecen son inadecuados para este fin, ya que la mayoría de estos ajustan una línea a los puntos, lo que implica que no generan formas conocidas o descriptibles por ecuaciones, esto se debe a su limitación de sólo trabajar con regresiones lineales o linealizables. Por tal motivo el proceso de graficación se convirtió en una etapa compleja al tener que recurrir a procesos no lineales de regresión capaces de ajustar curvas cerradas(en este caso, elipses), lo cual fue solucionado a través del sofisticado programa de regresión no lineal "LSM PROGRAM", el cual ejecuta la regresión no lineal mediante el ajuste con la función estadística "Chi^2" para obtener el resultado; además construye la gráfica con escalas diferentes o con escalas iguales en ambos ejes, de la forma asociada, ya sea ésta una elipse o una circunferencia. La teoría de la regresión no lineal no forma parte de este trabajo especial de grado, por lo tanto se recomienda buscar en el campo de la Estadística, la literatura asociada con la regresión no lineal y la función "Chi^2" como la función de ajuste. Por tales motivos, la regresión no lineal sólo se consideró como un recurso y no como parte del desarrollo de la investigación. La **figura 9**, muestra el resultado del proceso de graficación.

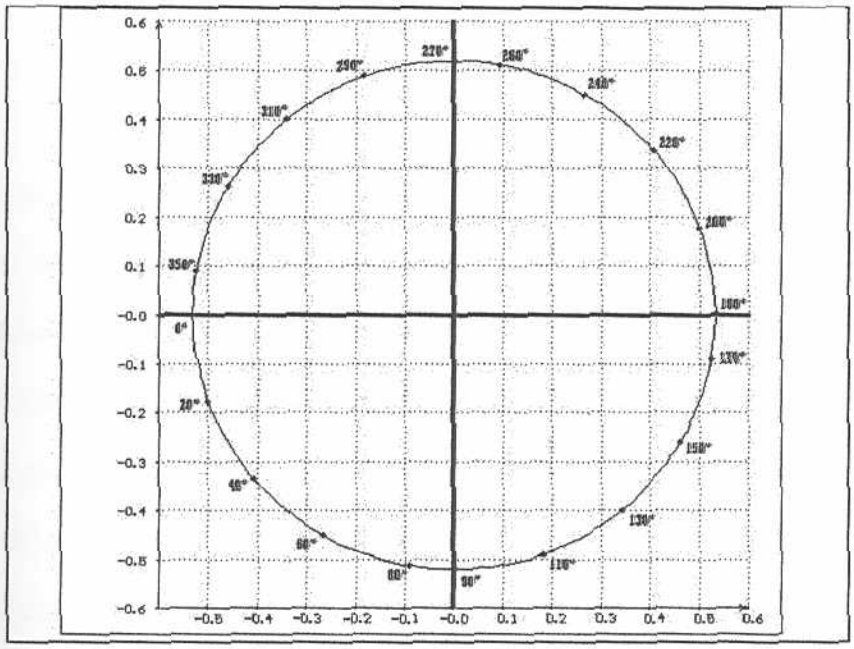


Figura 9

Ecuación de la elipse

La elipse pertenece junto con la circunferencia a la familia de las formas cónicas, la diferencia fundamental entre estas dos formas está en su origen, ya que la circunferencia proviene de la intersección de un plano no inclinado con un cono de revolución de base circular, en cambio, la elipse sólo se diferencia en que el plano de intersección está inclinado con respecto al eje del cono, por lo tanto estas dos formas se definen igualmente como lugares geométricos o formas cónicas. Sin embargo en la literatura convencional sobre ellas, sólo se ofrece un limitado estudio sobre las elipses; siempre parten de las mismas condiciones de borde para su estudio, como el paralelismo de los ejes principales con los ejes cartesianos, según la siguiente ecuación:

$$\frac{(X-h)^2}{a^2}+\frac{(y-k)^2}{b^2}=1$$

La cual representa a la elipse en cualquier punto pero colocando sus ejes paralelos a los ejes cartesianos. Existen metodologías para derivar las ecuaciones de las elipses trasladadas y rotadas, tales como las elaboradas en el trabajo especial de grado de Daniela Chacón, en el cual se usaron procedimientos matriciales y procedimientos de álgebra vectorial para llegar a la ecuación, y a la vez, recurriendo a un programa avanzado de matemática como el MathCad para desarrollar este complejo trabajo. Por este motivo se tuvo que recurrir nuevamente a la regresión no lineal, la cual maneja a la perfección este problema facilitando la ecuación de una elipse rotada y trasladada en el plano, sin tener que recurrir a complejos procedimientos matriciales y coeficientes de ajuste. La ecuación de la elipse rotada y trasladada tiene la siguiente forma:

$$\left(\frac{(X-a1)\times\cos(a5)}{a3}-\frac{(Y-a2)\times sen(a5)}{a3}\right)^2+$$
$$\left(\frac{(X-a1)\times sen(a5)}{a4}+\frac{(Y-a2)\times\cos(a5)}{a4}\right)^2=1$$

La ecuación se desglosa de la siguiente manera:

- Los parámetros ***a1*** y ***a2***, dan la ubicación del centro de la elipse, esto nos dice si la elipse se ha trasladado o permanece en el origen.
- Los parámetros ***a3*** y ***a4***, son aquellos que en realidad definen la elipse, ya que éstos dimensionan los ejes principales de la elipse(sus autovalores), si estos

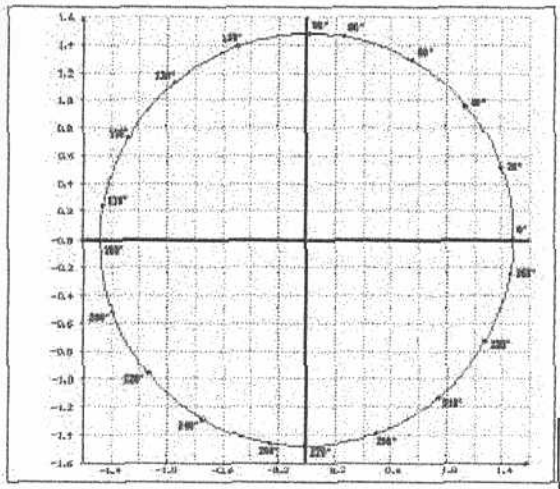
parámetros coinciden numéricamente, estamos en la presencia de una circunferencia, de lo contrario se tiene una elipse.

- El parámetro ***a5***, suministra la inclinación o la rotación que tiene la elipse con respecto a los ejes principales cartesianos.

Estos parámetros nos permiten hacer un estudio mas preciso de las características de las elipses ante pequeñas distorsiones que no sean apreciables en las gráficas, según el estudio que se realiza en este trabajo.

Comportamiento Estructural

El primer estudio del comportamiento de las edificaciones mediante el uso de las cónicas, fue realizado por la bachiller Daniela Chacón, mediante el cual hace las primeras investigaciones sobre los efectos de un sismo rotante sobre una edificación real usando esquemas de pórticos espaciales (Taucer y Colvee... lo hicieron con imágenes planas) obteniendo así nociones firmes sobre el comportamiento ante distintos efectos sísmicos y establece además las causas de estos cambios de comportamiento según cada caso. Entre los distintos comportamientos de modelos sencillos estudiados en el trabajo citado, se encuentra el de una edificación con planta cuadrada-de estructura regular, con la cual hace las primeras gráficas relacionadas con el comportamiento de los momentos y el origen de la gráfica. (antes estudiada en modelos aún más simples por Paparoni y Holoma, ...)



Gráfica actualizada de momentos del modelo estudiado en otro trabajo de investigación.

Figura 10

Igualmente se hizo un estudio sobre el efecto de un momento torsor, pero no se identificaron de forma adecuada todas las causas que implicaban el paso de la circunferencia a una elipse y la rotación relativa de los ejes principales de las elipses. En el trabajo citado, la torsión fue considerada como la causa principal de estos cambios en los momentos y a la vez, de los cambios de comportamiento, pero no se identificó como tal la distorsión(cambio de los ángulos relativos entre los ejes principales originales, los cuales pasaran a ser diámetros conjugados y no ejes definitorios).

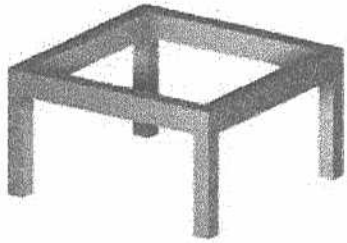
Anteriormente Paparoni y Holoma.. (1970), realizaron un estudio sobre una representación simplificada de la acción multidireccional de un sismo, en el cual se obtuvieron las primeras elipses de momentos y los primeros círculos de axiales. A través de este trabajo se encontró el origen de la elipse por medio de un modelo simplificado con dos columnas empotradas y una viga superior muy rígida, en la cual se concluyó que el origen de las elipses se debía a que las elipses se forman por dos mecanismos, uno es el reparto diferente de las cortantes de columnas según las

distintas direcciones de la fuerza rotante(en el caso de columnas diferentes) y según las distintas distribuciones de rigideces y orientaciones de los pórticos y otro es la migración hacia arriba o hacia abajo de los puntos de inflexión. Este trabajo dio, a su vez, origen al Trabajo Especial de Grado de Taucer y Colvee....(1982), utilizado como referencia por Daniela Chacón.

DESARROLLO

Establecimiento del comportamiento regular

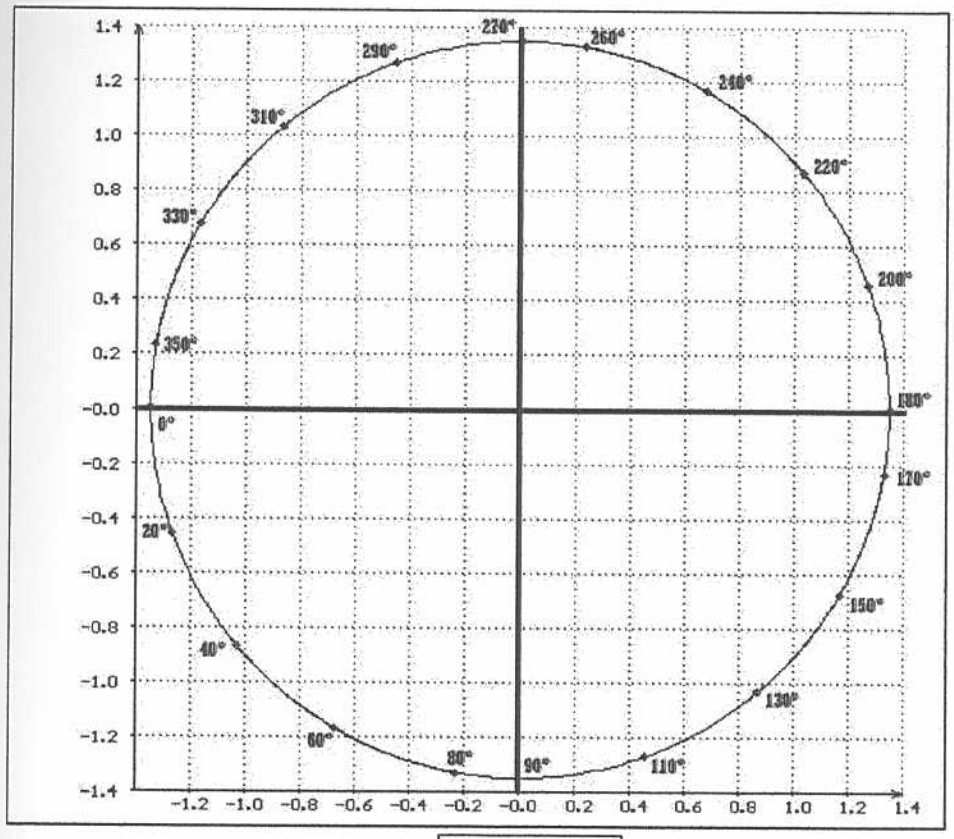
A partir de los resultados numéricos del análisis ejecutado por el **SAP2000**, se extrajo la data requerida para la elaboración de las gráficas, por lo tanto debemos establecer un patrón de comportamiento para poder comparar los resultados de un modelo cualquiera con ~~los~~ resultados de referencia o patrones. Por este motivo, iniciamos el estudio a partir del modelo patrón el cual sirvió para entender la teoría del comportamiento a través de las formas cónicas, permitiendo así comprender con claridad los efectos del sismo.



Modelo 0

Como primer estudio, apliquemos directamente el sismo rotante sobre el centro de rigidez sin introducir ningún efecto torsor externo en la estructura para dar origen a las gráficas que serán consideradas como patrones de referencia de una estructura regular. Grafiquemos los desplazamientos de los puntos superiores

Ux Vs. Uy

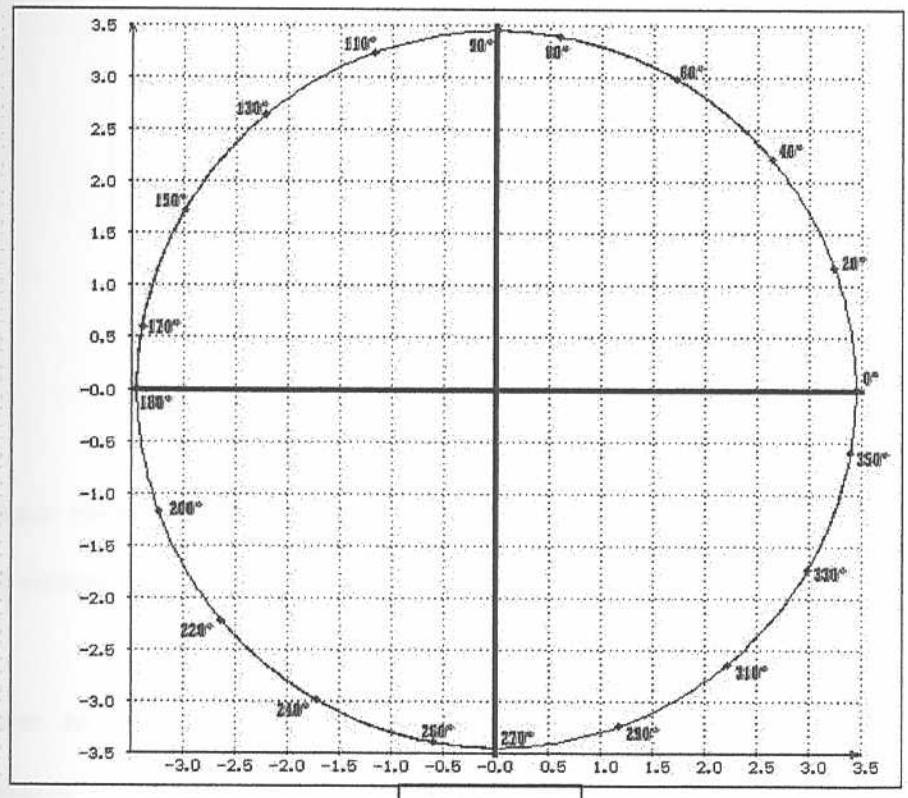


Gráfica 1

La **gráfica 1**, corresponde a la respuesta de los desplazamientos de cualquiera de los extremos superiores de las columnas, ya que su condición de regularidad, provoca que este comportamiento se establezca por igual en todas las columnas, además como podemos observar en la gráfica, la forma cónica asociada es una perfecta circunferencia centrada en el origen, con un detalle adicional, los puntos de aplicación están reflejados en la misma gráfica por lo cual, se pueden observar como los puntos notables coinciden de una forma invertida con los ejes de cartesianos, esto se debe a que los desplazamientos son una respuesta de la acción sísmica escogida

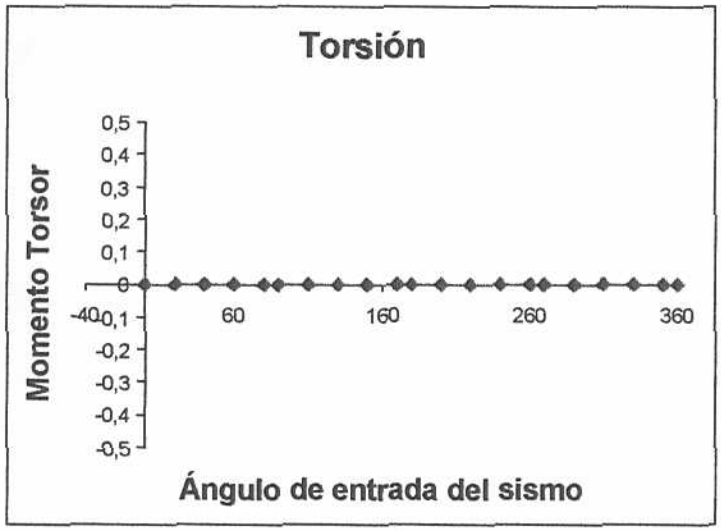
(centrípeta) por tal motivo su sentido es opuesto igualmente si graficamos los momentos flectores (***Mx Vs. My***), tenemos:

Mx Vs. My



Gráfica 2

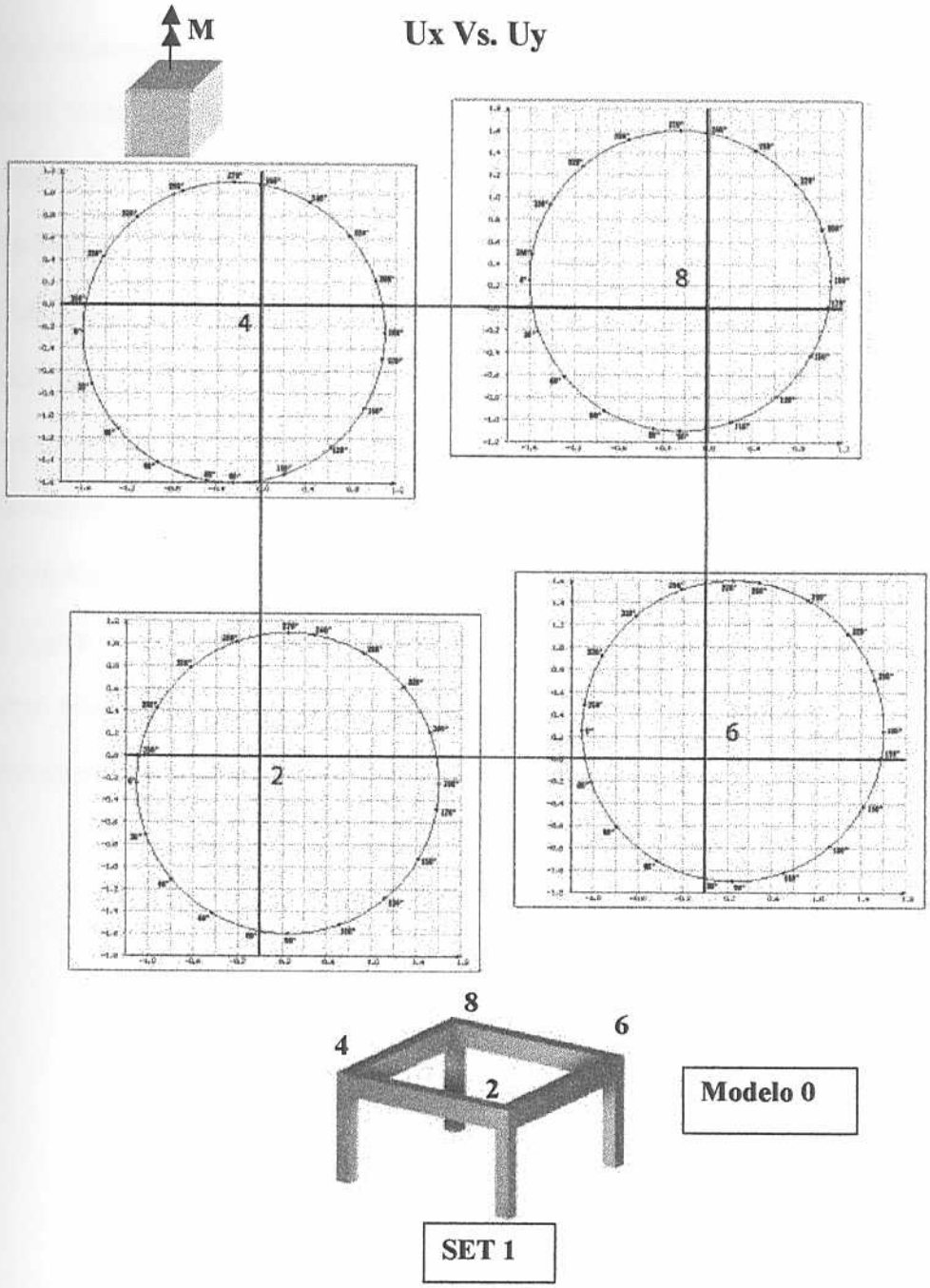
Al igual que la gráfica de desplazamientos, tenemos como forma cónica asociada una circunferencia centrada en el origen, pero como se había anotado para la gráfica anterior, aquí los puntos del sismo, sí coinciden de forma perfecta y exacta con los ángulos notables, al igual que los demás puntos; ya podemos observar cómo una estructura regular tiene como formas cónicas asociadas, las circunferencias, en lo que respecta a desplazamientos y a momentos. Si continuamos con las gráficas, queda por establecer cuál es el comportamiento a la torsión que induce el sismo sobre la estructura.



Gráfica 3

Sin hacer mucho esfuerzo podemos ver como la torsión es particularmente nula, esto se una característica propia de un modelo regular.

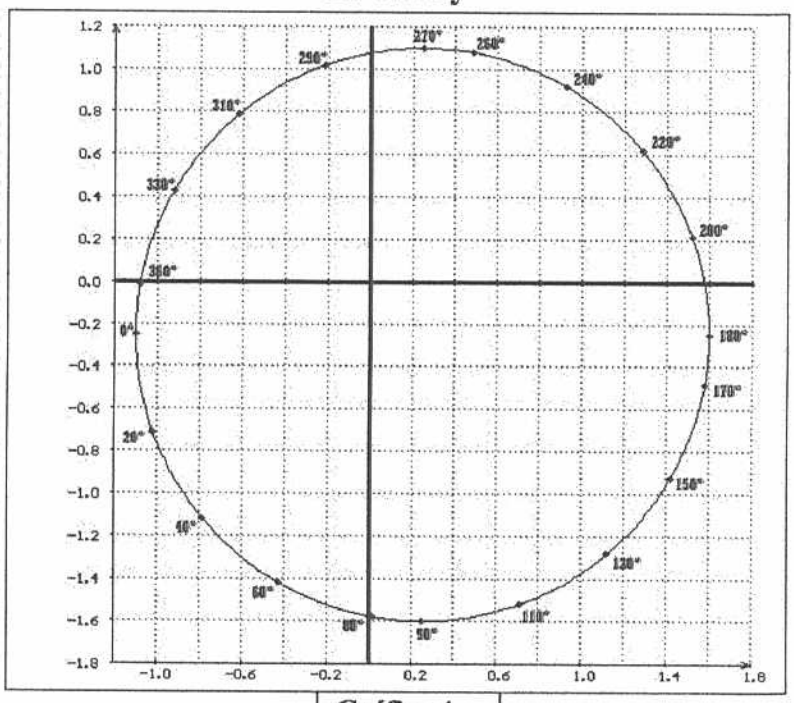
Ya que se tiene el comportamiento de una estructura completamente regular, extendamos el estudio al incorporar un momento torsor además del sismo rotante y así nuevamente establecer los efectos de un momento torsor de **10 toneladas-metro** aplicado en el centro de rigidez del Modelo 0.



Gracias a este conjunto de gráficas (**SET 1**), podemos apreciar como el sismo rotante para el caso sin torsión en la **gráfica 1**, el centro de la circunferencia se encuentra ubicado justamente en el origen, lo cual significa que el centro de la circunferencia se ubica en el nodo no perturbado, en cambio como lo demuestra el **SET 1**, el

comportamiento es representado por circunferencias, pero con la variante de que sus centros están desplazados, pero no de forma aleatoria, están trasladados con una condición que restringe sus desplazamientos. El desplazamiento del centro tiene igual magnitud en ambas coordenadas (Dx = Dy) consecuentes con la dirección de aplicación del momento torsor, por lo tanto a nivel de desplazamientos, el momento torsor no distorsiona la circunferencia de desplazamientos, solo traslada el centro de la circunferencia, lo cual no se considera como una alteración de comportamiento. Si examinamos al detalle la gráfica del nodo 2 podemos ver como a pesar que la circunferencia está trasladada por el efecto adicional que produce el momento torsor, los puntos notables de aplicación del sismo rotante se mantienen ubicados en la misma orientación, paralela a los ejes cartesianos. Por tanto el efecto del momento torsor no rota la circunferencia tal como lo demuestra la **gráfica 4** a continuación.

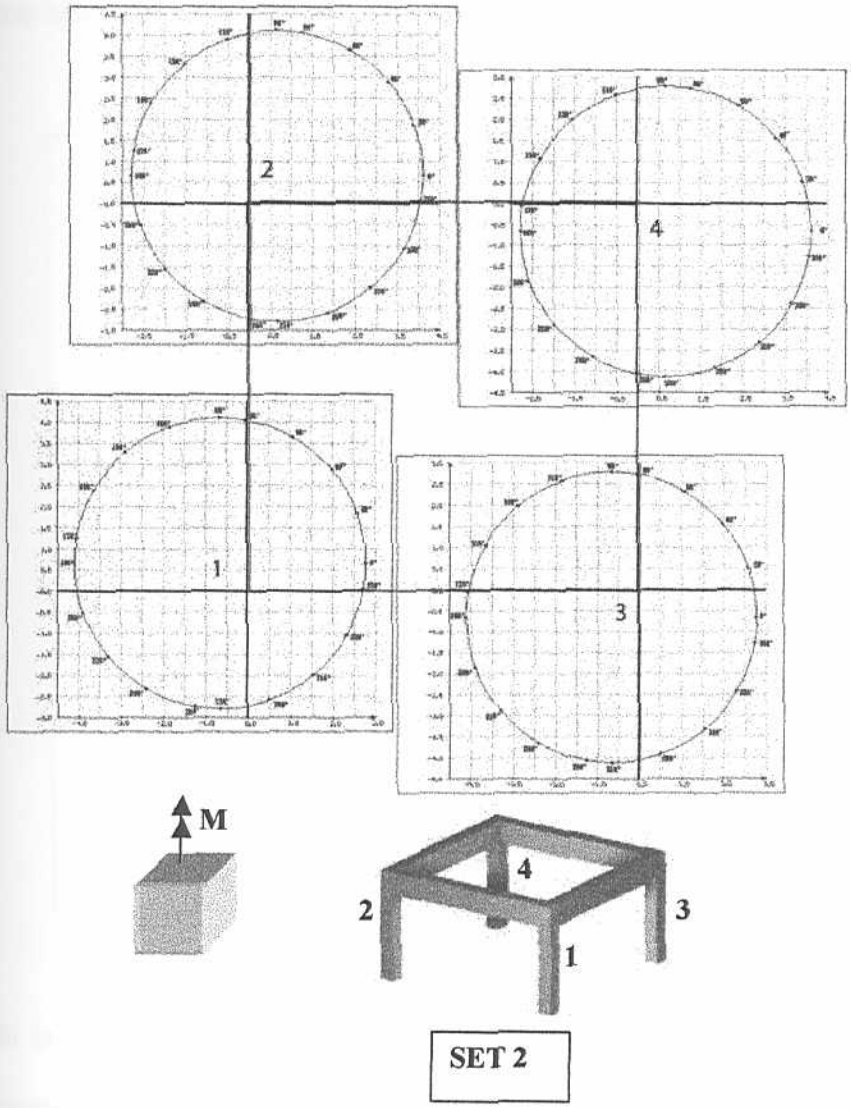
Ux Vs. Uy



Gráfica 4

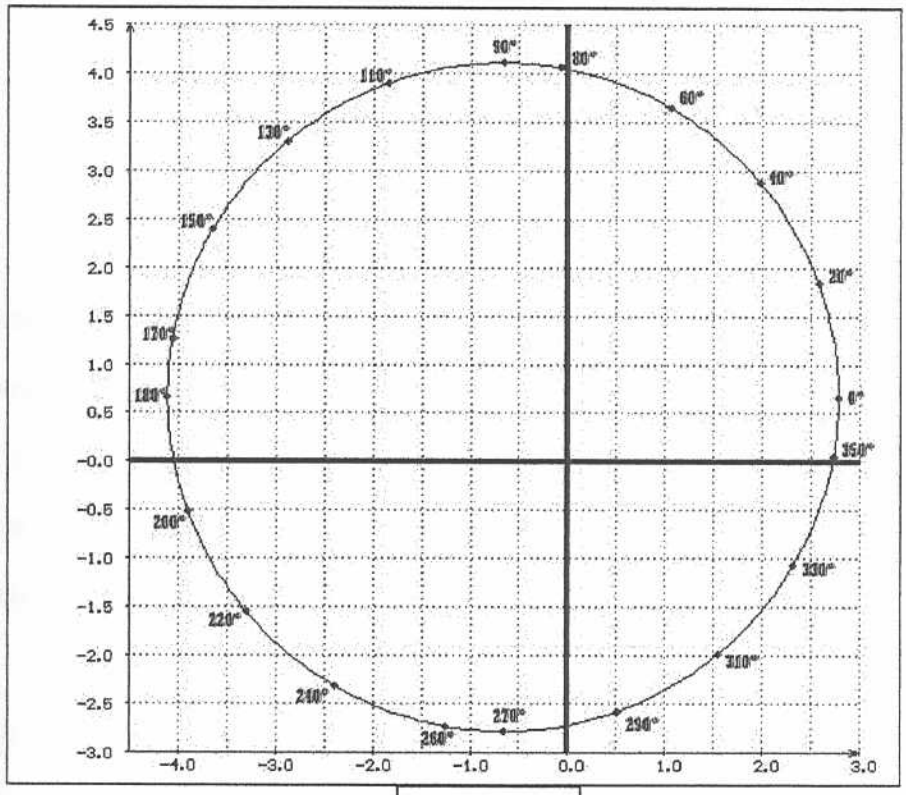
Ahora bien, vamos a ampliar este estudio, con el análisis de los momentos flectores sobre el extremo superior de las columnas, pero hacemos un paréntesis, ya que hay que destacar que en los desplazamientos tenemos que los puntos están invertidos, sin embargo, la traslación de los centros de las circunferencias están en el mismo sentido que el momento torsor. Veamos ahora con la misma técnica de combinación de gráficas, el SET para los momentos del modelo en estudio, el Modelo 0.

Mx Vs. My



Cuando hacemos el análisis de los momentos sobre las cuatro columnas involucradas, en la parte superior de ellas obtenemos figuras ya conocidas y con una disposición ya también vista, tal como en los desplazamientos. A semejanza del comportamiento evidenciado en los desplazamientos, tenemos un sensible cambio, las traslaciones de los centros de las circunferencias tienen sentidos opuestos a la traslación de los desplazamientos. Sin embargo la explicación es simple, ya que los desplazamientos son una respuesta de las reacciones, su dirección debe y es opuesta, al menos para estas condiciones. Si vemos la **gráfica 5** de momentos de la columna 1, tenemos:

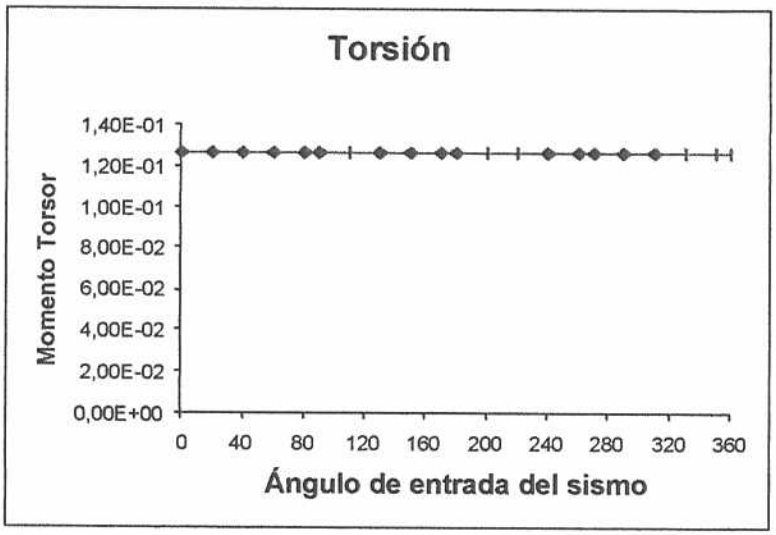
Mx Vs. My



Gráfica 5

Si la comparamos con la gráfica de desplazamientos, podemos observar un perfecto espejo tanto vertical como horizontal de la gráfica de desplazamientos y como detalle

a resaltar, los puntos notables nuevamente vuelven a coincidir (0°, 90°, 180°,270°) con sus ubicaciones naturales. Ahora bien, si avancemos al ultimo punto para terminar de definir el comportamiento regular, analicemos la torsión que se genera en las columnas, por tanto, revisemos la gráfica de torsión de la columna 1.



Gráfica 6

Si detallamos la **gráfica 6** de torsión en la columna 1, del Modelo 0, veamos que es idéntica a los otras tres, además tenemos que los valores de torsión son constantes, pero no nulos. Esto prueba que la torsión fue producto neto del momento torsor externo y no inducido por el sismo. Por tanto la torsión constante es una característica del comportamiento regular.

Vistas todas las características que establecen el comportamiento de un modelo regular ante los distintos efectos, sismo rotante y momento torsor; concluimos que el momento torsor puro, sólo traslada las figuras.

Análisis del Modelo A.1

Como primer punto de partida, iniciemos con la misma planta, pero con una variación, ya que la inclusión de muchas variaciones solo complica la extracción de la información. La variación impuesta, es un aumento de las dimensiones de dos columnas continuas para trasladar en una sola dirección de coordenadas el centro de rigidez.

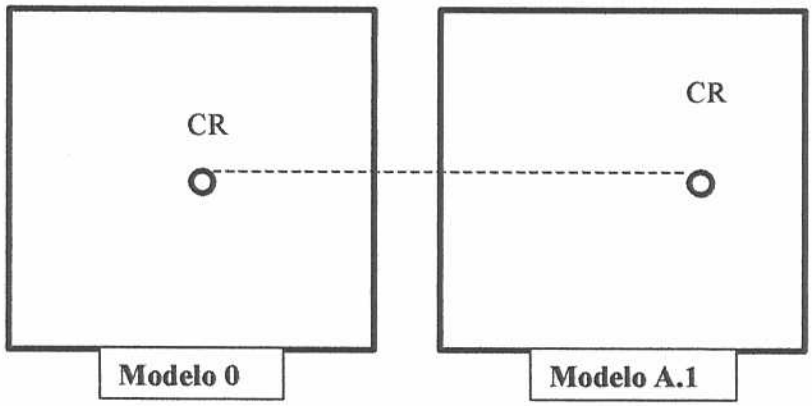
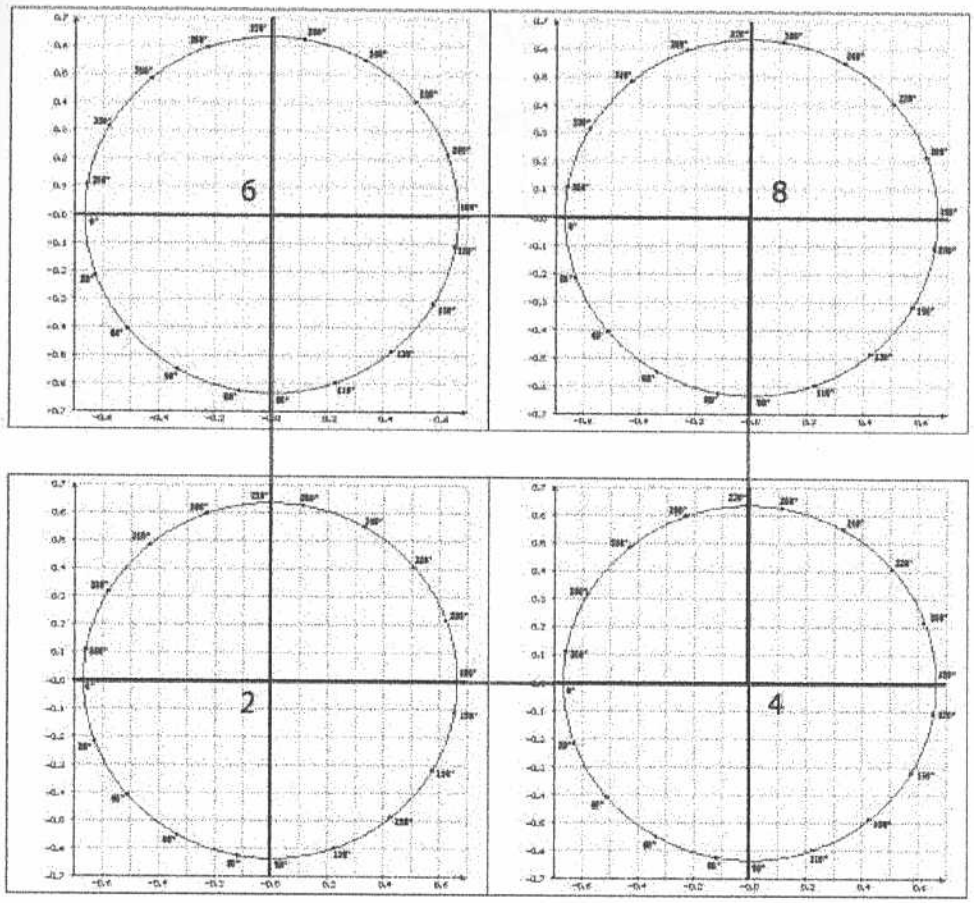
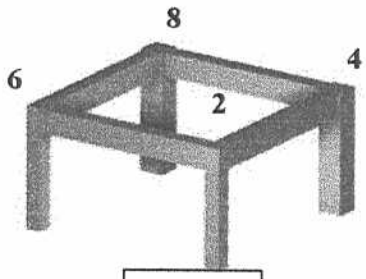


Figura 10

Esta variación es plenamente controlada, por tanto los ejes principales de inercia, solo se trasladan pero no rotan, por tanto es la menor variación que se puede imponer en el Modelo A.1, ya que una rotación de ejes principales, trae una mayor complejidad al dar valor a los productos de inercia. Si aplicamos el sismo rotante sobre este modelo tenemos para los desplazamientos el siguiente SET:

Ux Vs. Uy

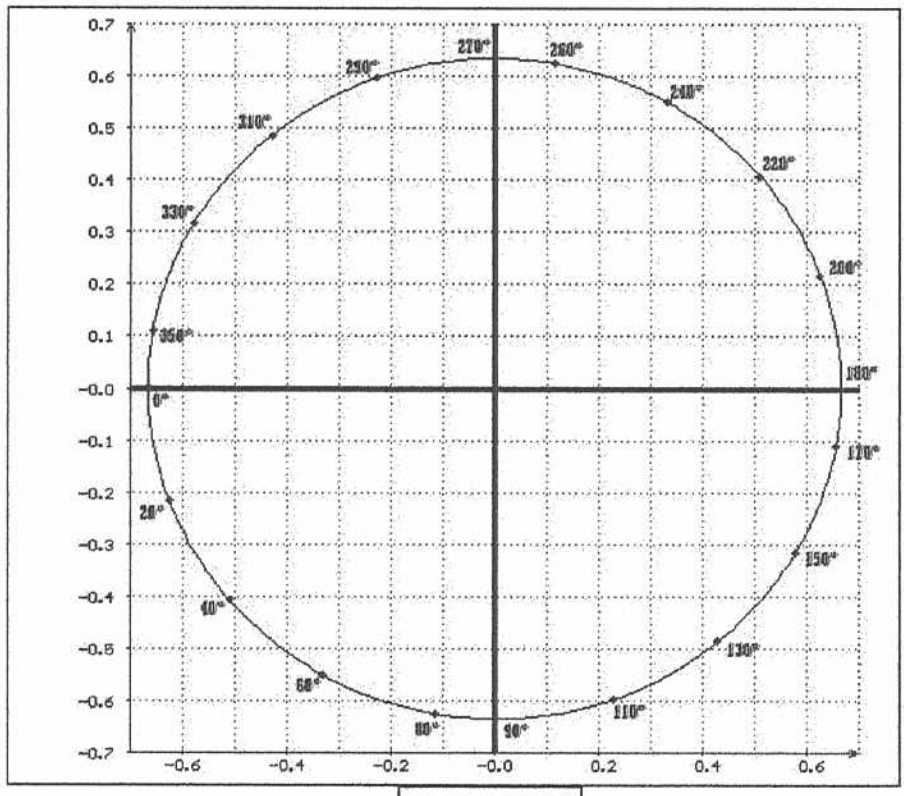




SET 3

El **SET 3** demuestra como la variación de los ejes principales de inercia en lo que se refiere a traslación en una sola dirección, no cambia de ninguna manera la respuesta de los desplazamientos, ya que tenemos nuevamente circunferencias perfectas, centradas en el origen ante la acción del sismo rotante. Ahora si detallamos la **gráfica 7** de desplazamientos de por ejemplo el nodo 2.

Ux Vs. Uy

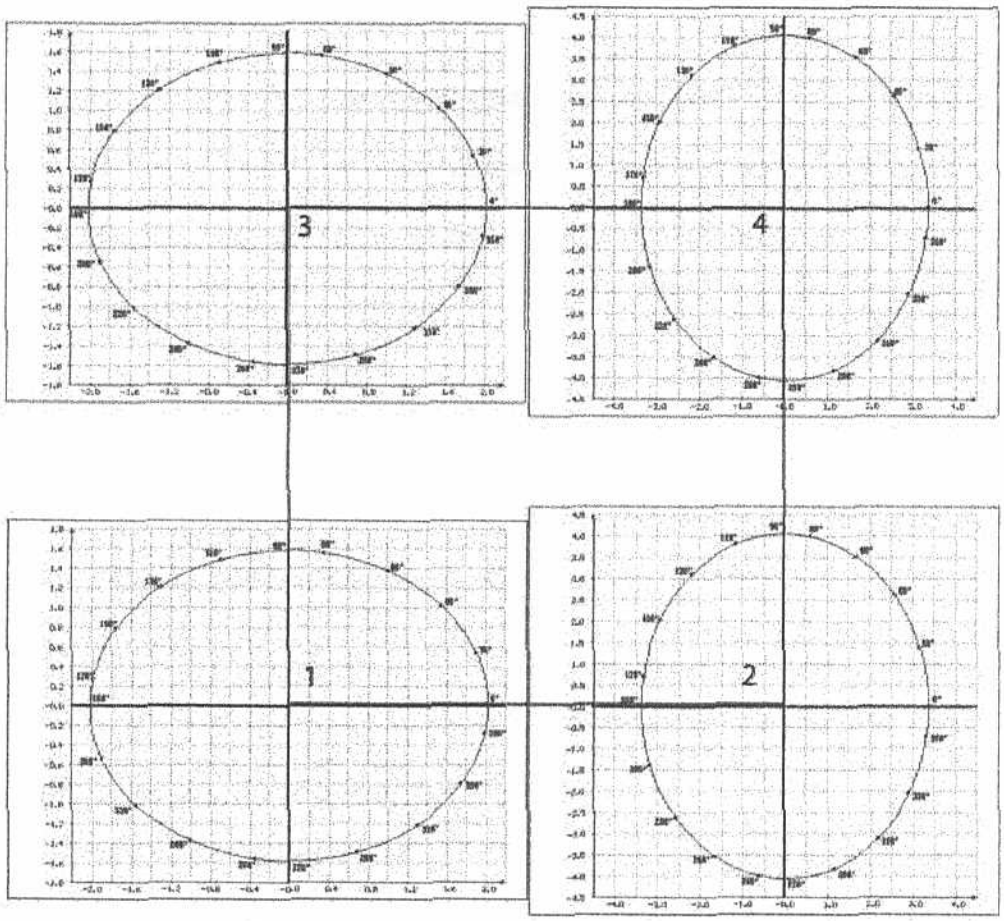


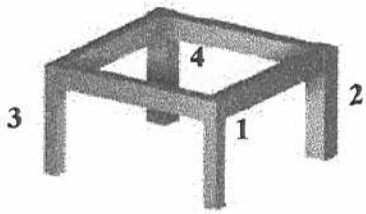
Gráfica 7

Al observar la **gráfica 7**, que pertenece a los desplazamientos del Nodo 2, se muestra claramente que su comportamiento no se ha alterado, con relación al comportamiento patrón(la diferencia que pueda existir, se le atribuye al ajuste de la regresión no lineal), por lo tanto ya podemos verificar, que una variación en los ejes principales de inercia, para una traslación paralela, no cambia la respuesta a los desplazamientos, aun cuando haya perdido uno de sus ejes de simetría.

Estudiemos ahora el comportamiento desde el punto de vista de los momentos a través del **SET 4.**

Mx Vs My





SET 4

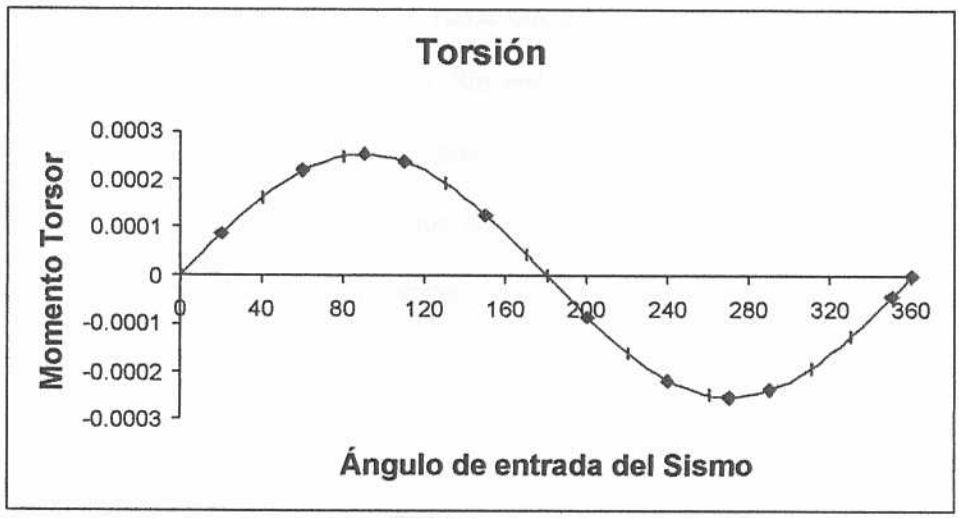
Al agrupar de esta manera las gráficas podemos extraer mucha información, la primera que salta a la vista es la evidente transformación de la circunferencia en una elipse, y como es bien sabido, la circunferencia es un caso especial de la elipse. Ahora al examinarlas más profundamente empezamos a hacer las siguientes extracciones de información.

- Tal como en el análisis anterior, las formas cónicas están centradas en el origen.
- La nube de puntos se describe perfectamente con la ecuación de una elipse.
- En las columnas 1 y 3, sus elipses de momentos tienen la misma orientación de sus ejes menor y mayor, en cambio las columnas 2 y 4, cuyo comportamiento es similar al par anterior, los ejes menor y mayor no tienen la misma orientación relativa que el par anterior.

Al extender más el análisis, debemos recordar entonces que el par de columnas 2 y 4, son de mayor dimensión (60x60cm), que las otras dos (40x40cm), por lo cual la forma geométrica de la planta se mantiene intacta, conserva su forma cuadrada con lo cual se puede decir que es una planta geométricamente hablando, regular, mas no así su comportamiento a nivel de momentos.

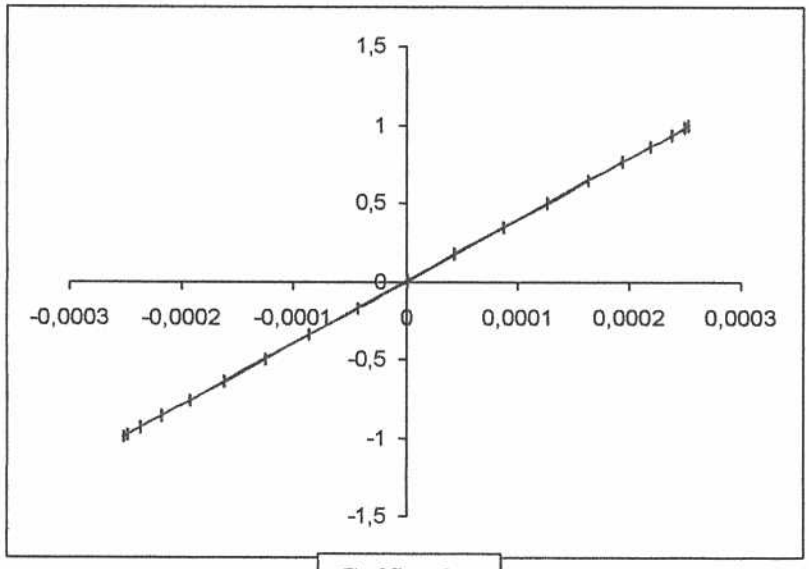
Es claro que los pórticos tienen muy distintas rigideces, por tal motivo al aplicar el sismo rotante, se producen los cambios en los momentos, aun cuando la planta geométricamente definida, sea de FORMA REGULAR, pero no lo es así con sus rigideces a nivel de pórticos. Esto nos da el primer indicio del origen de las elipses y porque no son circunferencias.

Dado este interrogante, examinemos entonces otro factor fundamental en el estudio del comportamiento en todo análisis sísmico, observemos detenidamente la **gráfica 8** de torsión en la parte superior de la columna 1.



Gráfica 8

De entrada podemos observar como la torsión no es constante y por supuesto distinta de cero, adicionalmente podemos también ver un comportamiento oscilatorio de la torsión, según el ángulo de entrada del sismo. Ahora si profundizamos en esta gráfica y aplicamos una pequeña transformación a los ángulos con la función Seno, la gráfica cambia y toma el siguiente aspecto.



Gráfica 9

Debemos acotar, que la gráfica no es 100% ortodoxa, ya que tiene escalas distintas y a la vez un patrón distinto en sus ejes. Sin embargo aun con toda las deformaciones que se puedan cometer, surge un aspecto particular, la torsión es plenamente compatible con la función Seno, ya que el resultado es una recta. Si comparamos la torsión vista en este modelo y la comparamos con la torsión patrón, la cual sabemos que era nula, vemos que ya hay un fuerte cambio en el comportamiento a la torsión. Si resumimos las causas de estas distorsiones, tenemos como principal culpable a la traslación de los ejes principales de inercia con una rotación nula; lo que implica que los ejes globales de la estructura, coincidan en dirección con los ejes principales de inercia, esto se verifica con la gráfica de torsión, en la cual para los ángulos notables, tenemos los máximos y los mínimos (0), ya que se alinean con el centro de gravedad y a su vez con el eje principal de inercia Ixx.

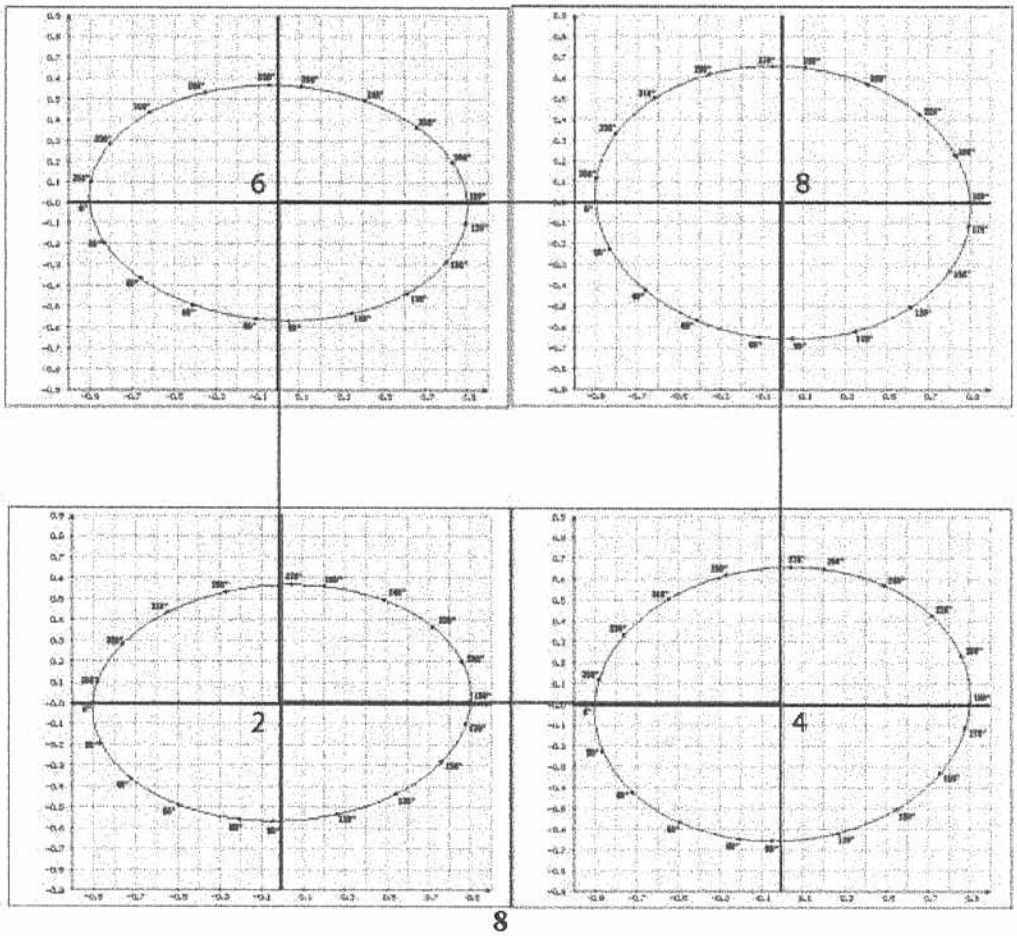
Claramente podemos establecer con la gráfica de torsión, la dirección de los ejes principales de inercia, por lo menos para este caso en particular se cumple esa relación, por lo tanto debemos seguir profundizando más en el área *(los mínimos ocurren cuando la dirección del sismo rotante coincide con la dirección de la excentricidad, en este caso particular esa dirección es la de uno de los ejes principales de deformación)*

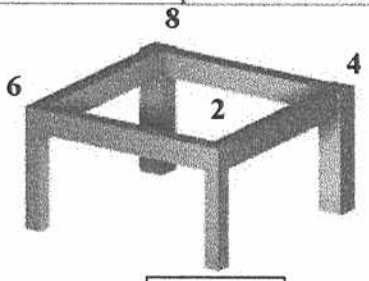
Caso Especial del Modelo A.1

Esto nos lleva a un caso muy particular pero a la vez muy interesante, desde luego que el camino optimo de análisis es el imponer el menor número de variaciones, por lo tanto vamos a cambiar una de las restricciones del sismo rotante y apliquemos el

sismo rotante en un punto diferente al centro de rigidez, a unos 20cm desplazado a la izquierda del centro de rigidez sobre el eje Ixx, bajo las mismas condiciones del modelo A.1 y realicemos nuevamente el mismo esquema de análisis en desplazamientos, momentos y torsión para la nueva condición.

Ux Vs. Uy

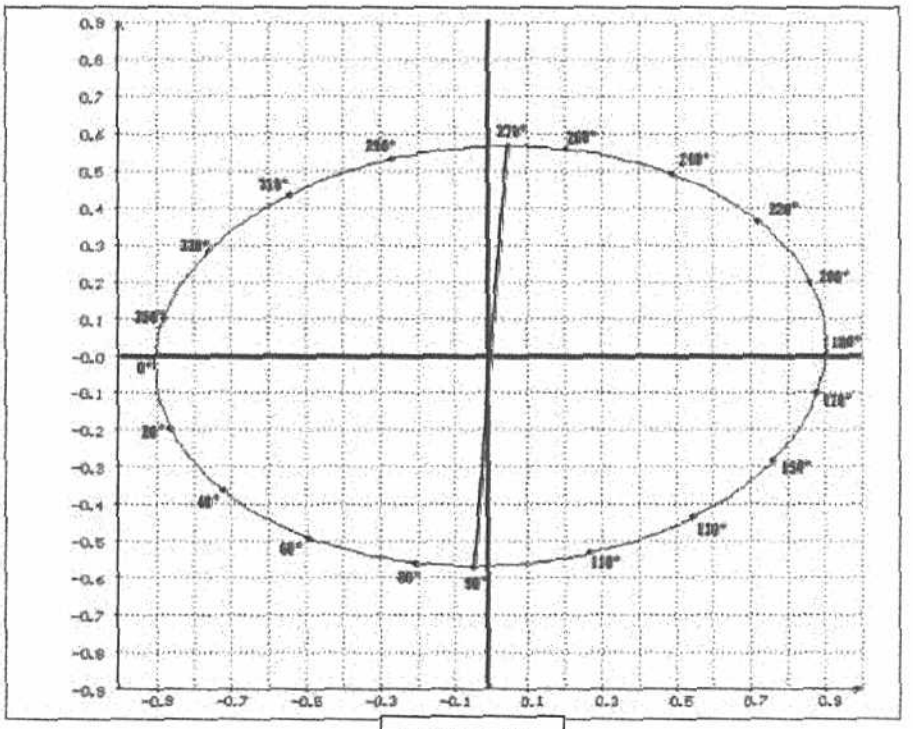




SET 5

Ahora podemos observar como la distorsión se ha trasladado incluso al nivel de los desplazamientos, provocando elipses en de deformaciones y con una nueva condición no vista antes, una elipse distorsionada en el plano, lo cual indica que la variación impuesta de modificar el punto de aplicación, trasladándolo en una sola dirección y manteniendo la alineación con el centro de rigidez y el centro de masa, vemos que es de importancia para el comportamiento. Al estudiar el **SET 5** de desplazamientos, podemos observar un primer patrón de comportamiento, además de las elipses centrada en el origen, tenemos la distorsión de cortante de las mismas, si analizamos al detalle la gráfica de desplazamientos para el nodo 2 tenemos que:

Ux Vs. Uy



Gráfica 10

Nótese que la rotación de un solo eje de los principales, que se transforma que se transforma en un diámetro conjugado de la elipse.

La figura es obviamente una elipse con un sólo eje principal rotado, sin embargo hay un pequeño detalle que llama enormemente la atención y puede pasar desapercibido, si detallamos bien los puntos notables (0°, 90°, 180°, 270°) además que están invertidos como ya se explico anteriormente los puntos del sismo en 90° y 270° ya no coinciden con su ubicación original, lo que implica en una distorsión de cortante, (oblicuidad inducida) ya que deberían coincidir del mismo modo que lo hacen los puntos de 0° y 180° o que todos lo puntos roten con la misma magnitud (rotación rígida). Esta distorsión tiene además otro componente, si recordamos las elipses que se formaron en los momentos para el caso anterior, notamos que los ejes principales pasaban por los puntos notables, sin embargo ahora los mismos puntos en este caso particular, están en ejes conjugados de la elipse. Ahora lo que sabemos es que esto se debe al cambio del punto de aplicación del sismo rotante, el cual produce una elipse de desplazamientos distorsionada.

Este hecho no se había presentado antes, pero hay un detalle más que podemos extraer a través de la siguiente figura.

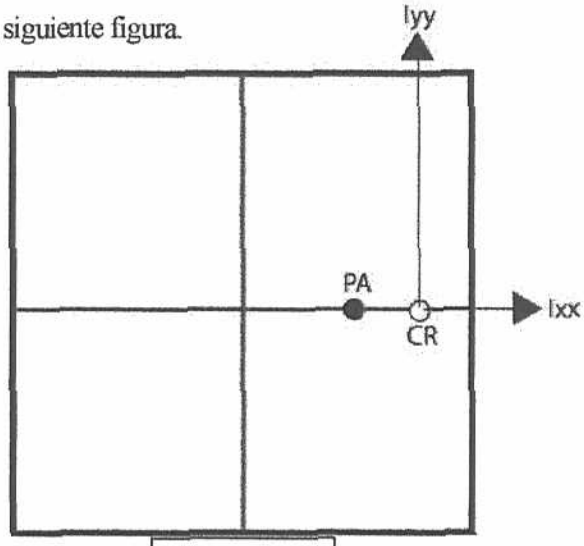
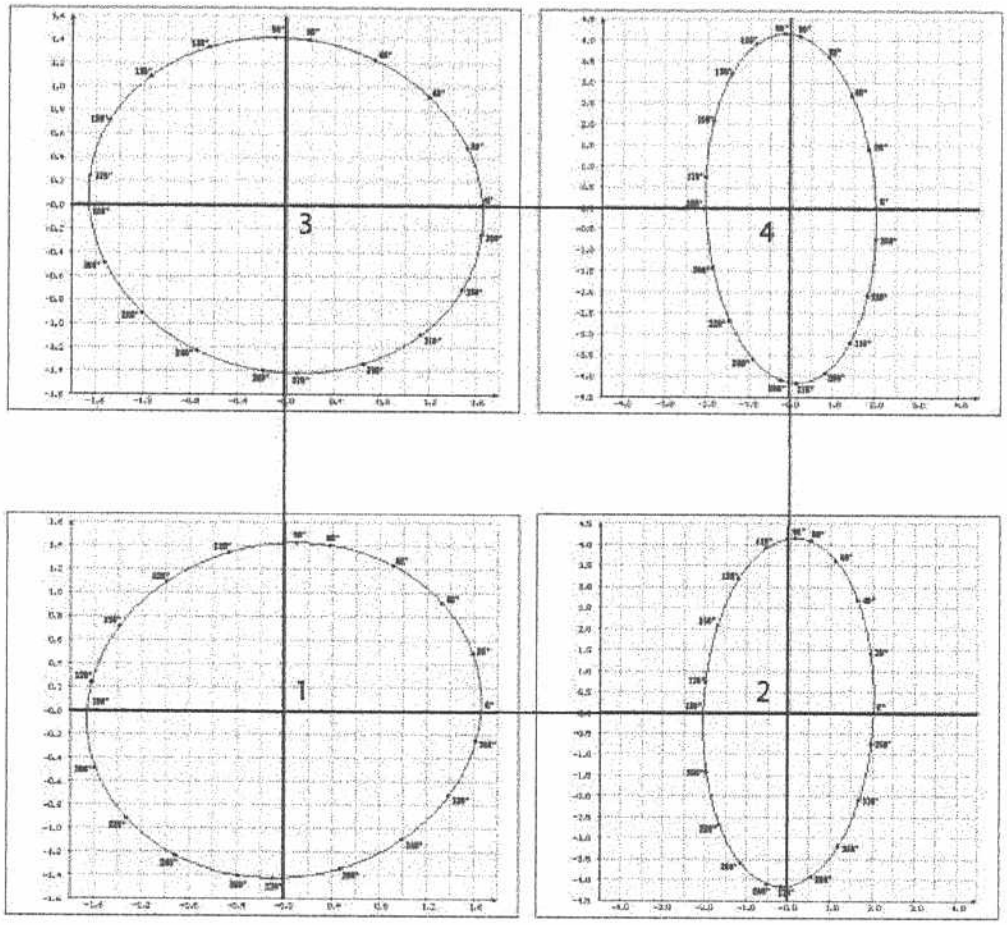


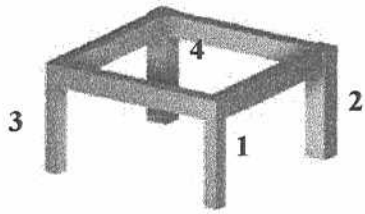
Figura 11

El hecho de que el punto de aplicación se alinee con el eje Ixx tiene ciertas consecuencias en el comportamiento de este caso, ya que la única razón de que los puntos notables de 0° y 180° permanezcan inmóviles, tal como lo muestra la **gráfica 10** de desplazamientos, es que la dirección de uno de los ejes principales de inercia de la elipse original (sin Torsión), coincide con la dirección de excentricidad Centro de Rigidez-Centro de Masas.

Graficando los momentos flectores, Mx y My, podemos verificar si existe alguna vinculación con el comportamiento del caso anterior, cuando el sismo rotante se aplica directamente sobre el centro de rigidez, por tanto detallemos el **SET 6**, correspondiente a momentos de nuestro caso.

Mx Vs My

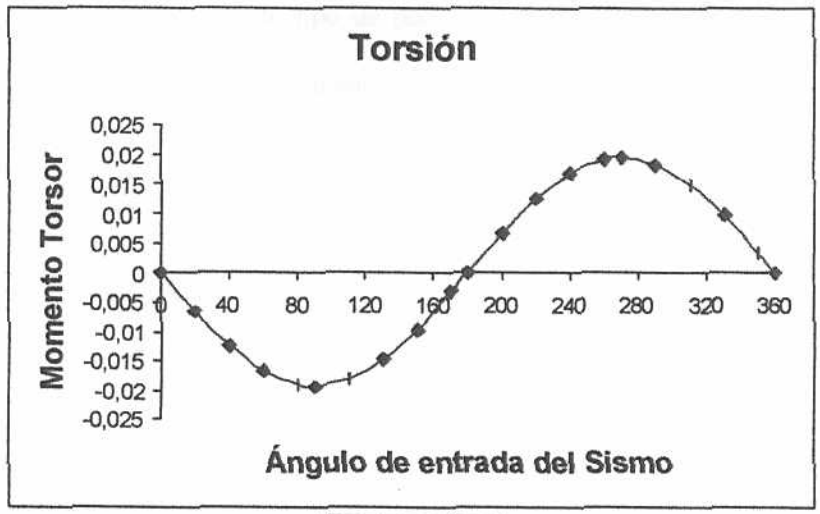




SET 6

Al igual que en e **SET 5** que es para los desplazamientos, se formaron las elipses y además estas también se distorsionaron, sin embargo esto era de esperase, aunque si observamos bien el **SET 6**, nos damos cuenta que las formas de las elipses se mantienen acordes con los momentos del caso anterior, para el sismo aplicado en el

centro de rigidez. superior. *(ESTO SE DEBE A LA MIGRACION DE LOS PUNTOS DE INFLEXION AL CAMBIAR LA DIRECCION DEL SISMO)*



Gráfica 11

Esta gráfica es más intrigante que las anteriores, aun cuando es muy similar a las gráficas anteriores de torsión, donde el comportamiento es también oscilatorio, tal como se puede ver en la presente gráfica, ésta es compatible con la función –Seno, pero no hay mayor distorsión en ella, solo un cambio de signo que se le atribuye al punto de referencia, pero su comportamiento no se altera.

Si hacemos un resumen de este caso, podemos claramente evidenciar su complejidad, cuando el sismo rotante no es aplicado en el centro de rigidez, que no es un caso improbable, ya que sí por ej. Colocamos un tanque de agua elevado, un objeto que es afectado por el sismo, éste genera una acción aplicada en un punto (excéntrico probablemente) cualquiera sobre la edificación, sin que este objeto aporte algún tipo de rigidez a la estructura.

Análisis del Modelo A

Para concluir el análisis de este tipo de planta cuadrada, definida como regular en su geometría, analicemos la última variante posible en esta planta, con una modificación mayor de los ejes principales de inercia, una traslación en dos direcciones y además una rotación de sus ejes principales de inercia, pero para este caso no vamos a recurrir a un caso particular como el de aplicar el sismo fuera del centro de rigidez, esta vez se va a mantener la restricción del punto de aplicación (centro de masas) de la fuerza rotante, pero cambiaremos el centro de rigidez. Ello se logra en el Modelo A tiene, con una modificación de dimensiones en las columnas 2, 3 y 4, llevándolas a 60x60cm, mientras que la columna 1 permanece sin cambios en 40x40cm. Veamos como queda ahora ubicado el centro de rigidez para este modelo A, se desplazará según una diagonal de la planta, alejándose de la columna de menor rigidez (la de menor sección)

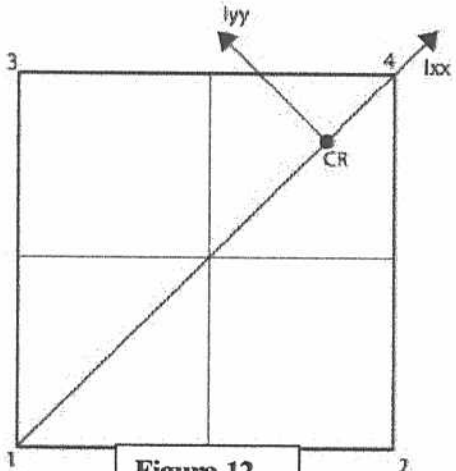
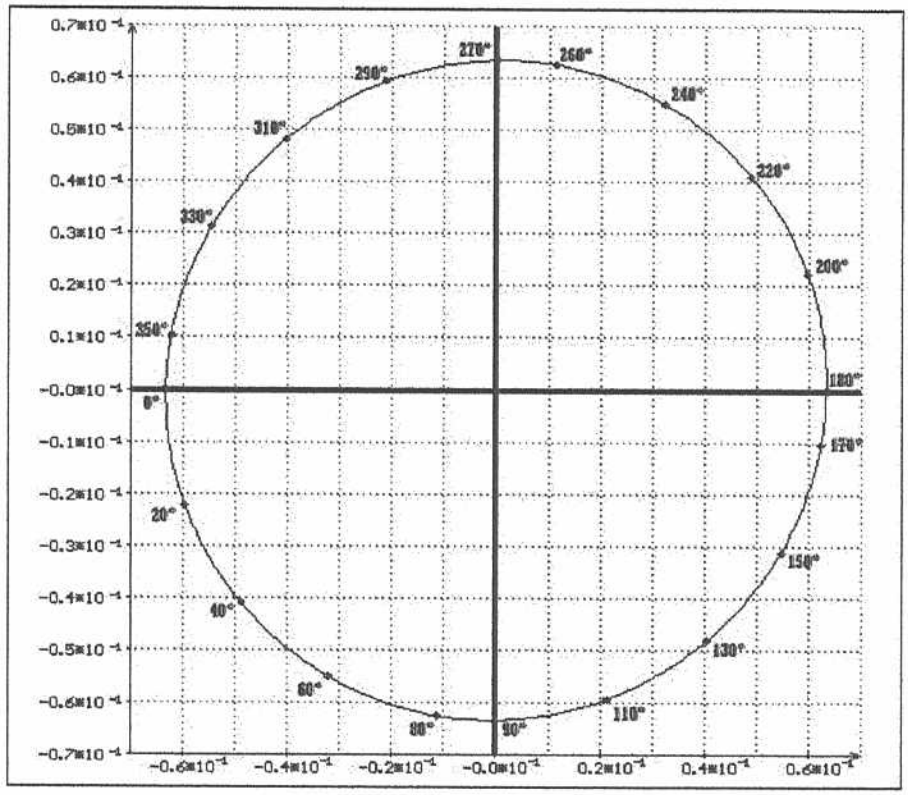


Figura 12

Gracias a la **figura 12**, podemos ver con claridad donde se ubica ahora el centro de rigidez, también denota cómo los ejes principales de inercia rotaron 45° con sus respectivos desplazamientos, ahora hay una condición muy particular que se presenta aquí, el eje principal de inercia Ixx, pasa justamente sobre las columnas 1 y 4, sobre los nodos superiores 2 y 8.

Hagamos las gráficas de desplazamientos para los nodos involucrados en el estudio, que para este caso son los nodos 2, 4, 6 y 8. y examinemos su comportamiento ante el sismo rotante.

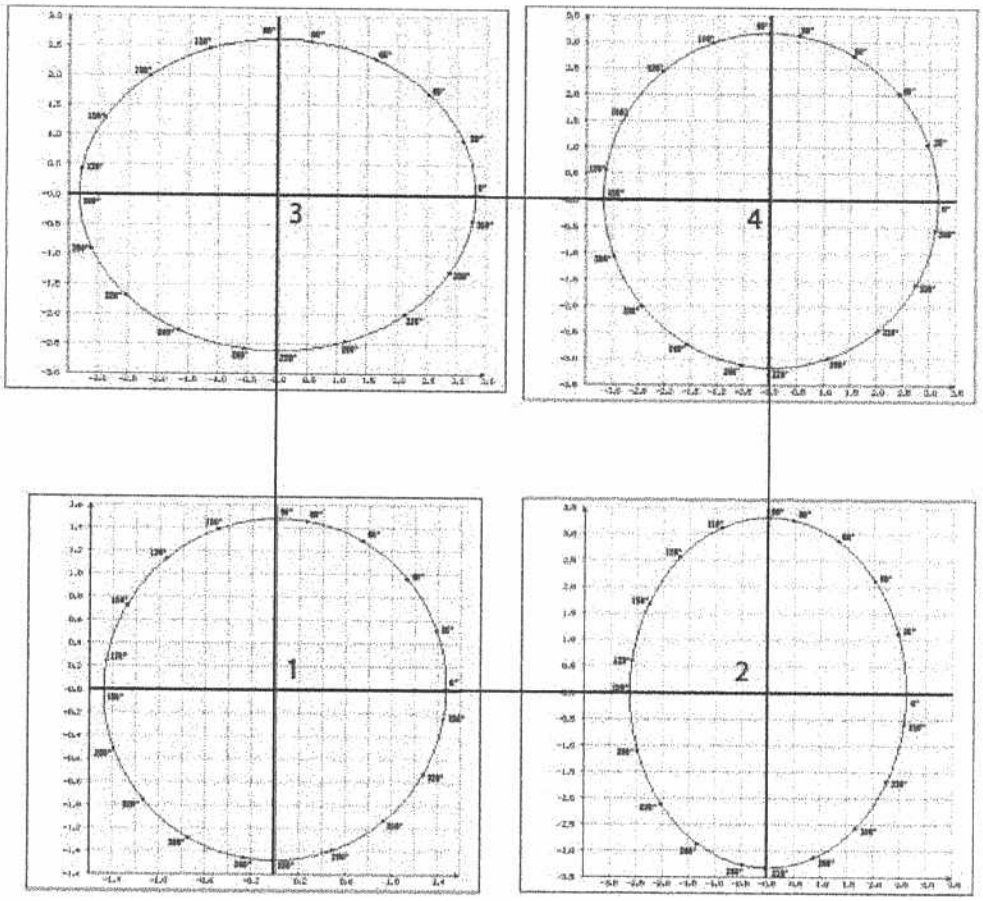
Ux Vs. Uy

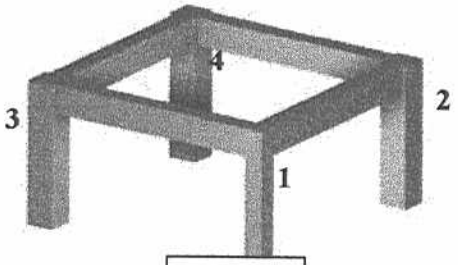


Gráfica 12

Tenemos como sorpresa que todas las graficas nuevamente son circunferencias centradas en el origen y con sus puntos notables ubicados en sus lugares naturales a pesar de la variación de los ejes principales de inercia. Por lo tanto si recurrimos al comportamiento del caso especial del punto de aplicación trasladado en el Modelo A.1, vemos inmediatamente que la rotación de los ejes principales de inercia no altera la forma de la respuesta a nivel de desplazamientos. **Esto es una propiedad de todas las estructuraciones que posean al menos dos simetrías de rigideces (La matriz de Rigidez tendrá ahora doble simetría diagonal, si a su vez hay más de dos ejes de simetría, la matriz tendrá además dos ejes de simetría adicionales, uno vertical y otro horizontal, es decir habrá CUÁDRUPLE SIMETRÍA de la Matriz de Rigidez).** La elipse de desplazamientos sólo será circular si hay simetría radial o doble simetría normal, en los demás casos serán elipses. Analicemos entonces los momentos que se generan en la parte superior de las columnas del modelo A, según el siguiente SET.

Mx Vs. My





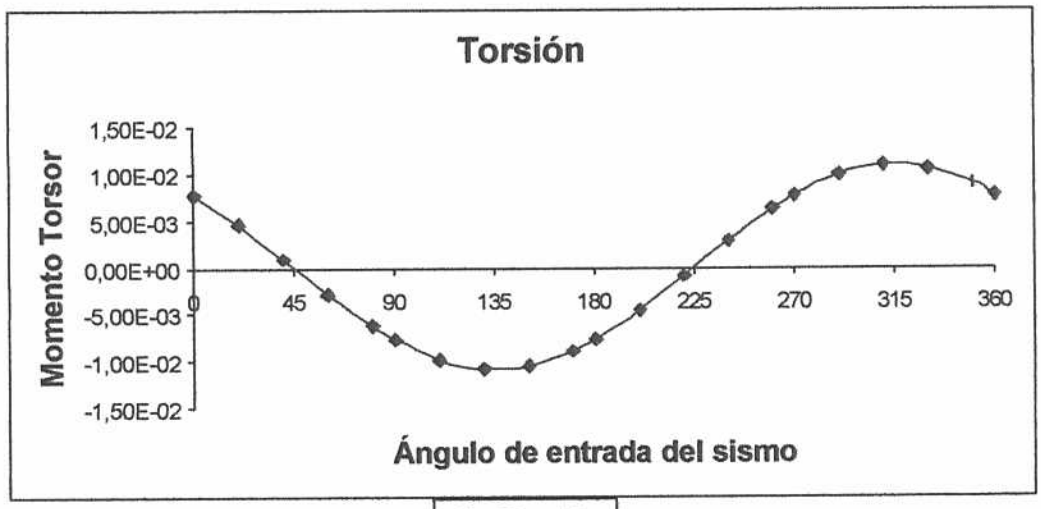
SET 7

Observemos cuidadosamente, cómo las figuras que se forman en las columnas 1 y 4 son perfectas circunferencias, mientras que en las otras dos columnas 2 y 3, son elipses. Ahora si recordamos el Modelo A.1 bajo los efectos del sismo rotante aplicado en el centro de rigidez, podemos extraer un detalle muy valioso e

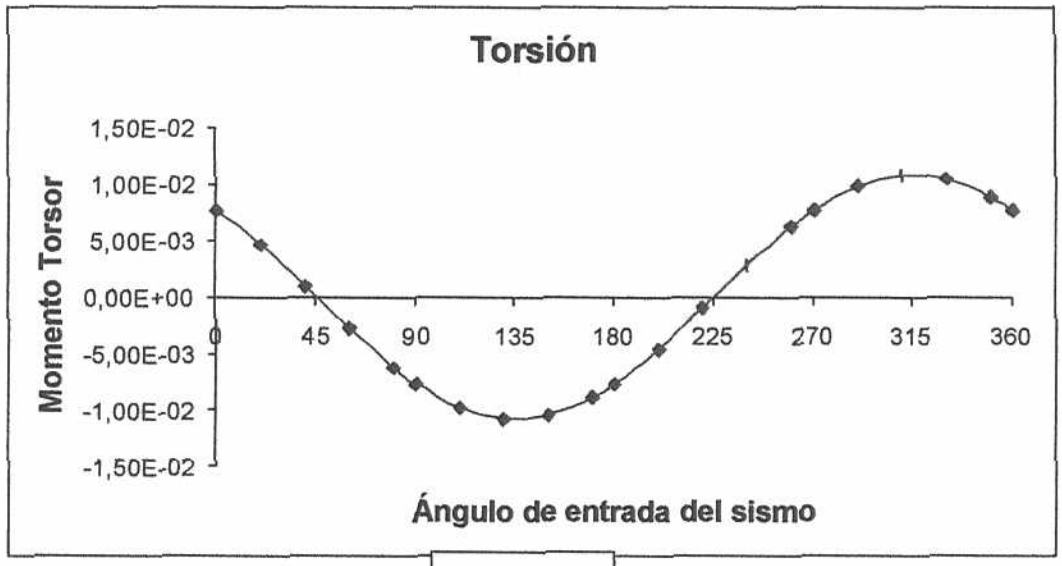
interesante, ***la torsión impura (originada por una excentricidad) origina deformaciones cortantes en las circunferencias originales, transformándolas en elipses, las distorsiones están desfasadas 90°, como es de esperar.***

En el modelo A.1, todas las columnas formaron elipses de momentos, con una orientación tal como las muestran las del presente modelo, sin embargo una clara diferencia, es que en las columnas 1 y 4 son perfectas circunferencias. *Todo esto es consecuencia de las coincidencias de paralelismo o perpendicularidad de la traza de la excentricidad con cada eje principal.*

Estudiemos el comportamiento de la gráfica de torsión que tiene por ejemplo la columna 4, que es una de las restringidas por el eje principal de inercia y a su vez, la columna 3 para tener ambas perspectivas.

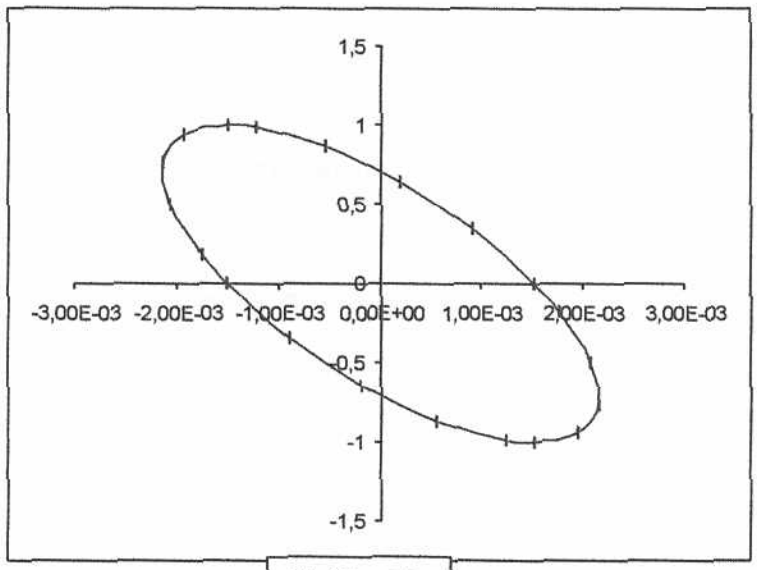


Gráfica 13



Gráfica 14

Las gráficas expuestas, corresponden con la torsión de las columnas en su parte superior, la **gráfica 13** corresponde con la columna 4 y la **gráfica 14** con la columna 3. En Estas gráficas podemos observar una distorsión fundamental en el comportamiento de la torsión en este caso, la cual se puede evidenciar como la oscilación se desplaza unos 45°, el cual coincide con el ángulo que han rotado los ejes principales de inercia, (prueba de una afirmación anterior) Otro notable aspecto que resalta en la torsión es que las dos gráficas, las cuales son idénticas en comportamiento y numéricamente, aun cuando la respuesta en los momentos no sea igual, lo cual desvincula hasta cierto punto la torsión de los momentos flectores. Si adicionalmente, hacemos la transformación con la función Seno, obtendremos la siguiente gráfica de torsión para la columna 4.



Gráfica 15

Como se mencionó anteriormente, en la **gráfica 15** transformada no son tan valiosos los números, como la forma de la gráfica, la cual sorpresivamente se representa con una elipse centrada en el origen y a la vez rotada, esta significativa distorsión, responde directamente a la rotación de los ejes principales de inercia. Aunque no se pueda determinar directamente en la gráfica, existe la plena seguridad de que la inclinación corresponde también a los 45° al igual que la gráfica no transformada.

Con ese Modelo A, concluye el análisis para el sismo rotante para una planta cuadrada, geométricamente regular con sus respectivas variaciones impuestas bajo los distintos modelos estudiados. Ahora debemos iniciar el estudio bajo otras plantas manteniendo controladas lo más posible las variables.

Análisis del Modelo B

El Modelo B, es la primera variación de planta que se hace, sin embargo guarda relación con los modelos anteriores, ya que existe un eje de simetría, que es equivalente a la diagonal de la figura, por lo tanto para obtener resultados más notables, pero sin incurrir en una contaminación de la información con comportamientos no determinados, solo vamos a aumentar la dimensión de una columna en particular, la cual es la columna 4, de 40x40cm a una de 60x60cm tal como lo muestra la figura a continuación.

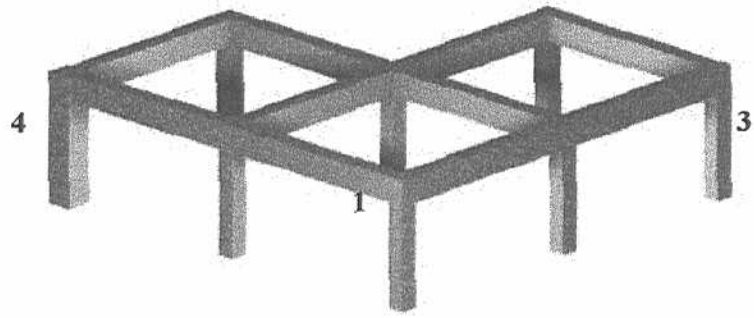


Figura 13

Tal como en los modelos anteriores con su debida excepción, vamos a aplicar el sismo rotante en su centro de rigidez, pero para simplificar, vamos a realizar el estudio sólo en, las columnas 1, 3 y 4. siguiendo un patrón, tomar sólo las columnas externas y esquineras. Hagamos entonces el análisis de desplazamientos para este modelo.

Realicemos el análisis sobre los nodos correspondientes a las columnas ya seleccionadas previamente, bajo la acción del sismo rotante. La siguiente figura denota los nodos en estudio.

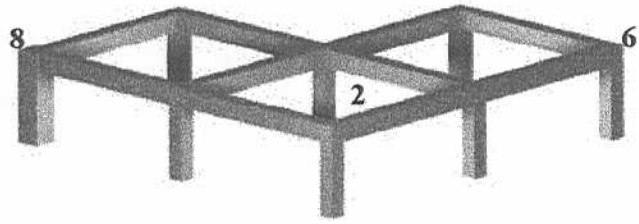
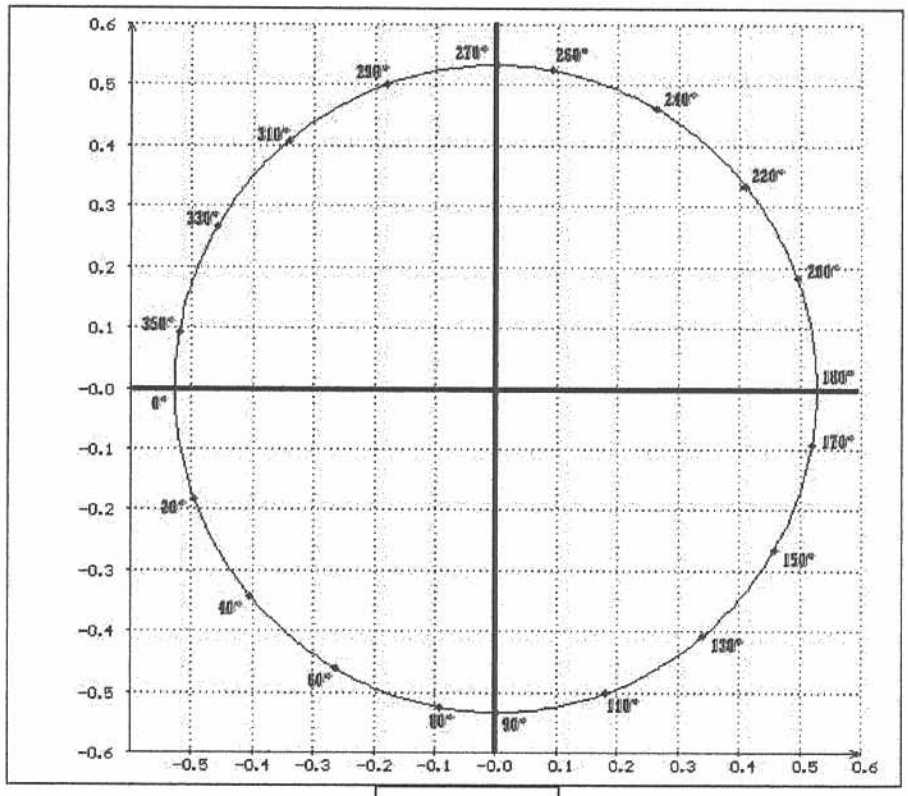


Figura 14

Para sorpresa de este modelo, la respuesta de los desplazamientos en todos los nodos estudiados, fue la misma. Todos las figuras formadas por los desplazamientos a la acción de sismo rotante, son representadas por perfectas circunferencias, así como la gráfica a continuación lo demuestra en la los desplazamientos del nodo 8.

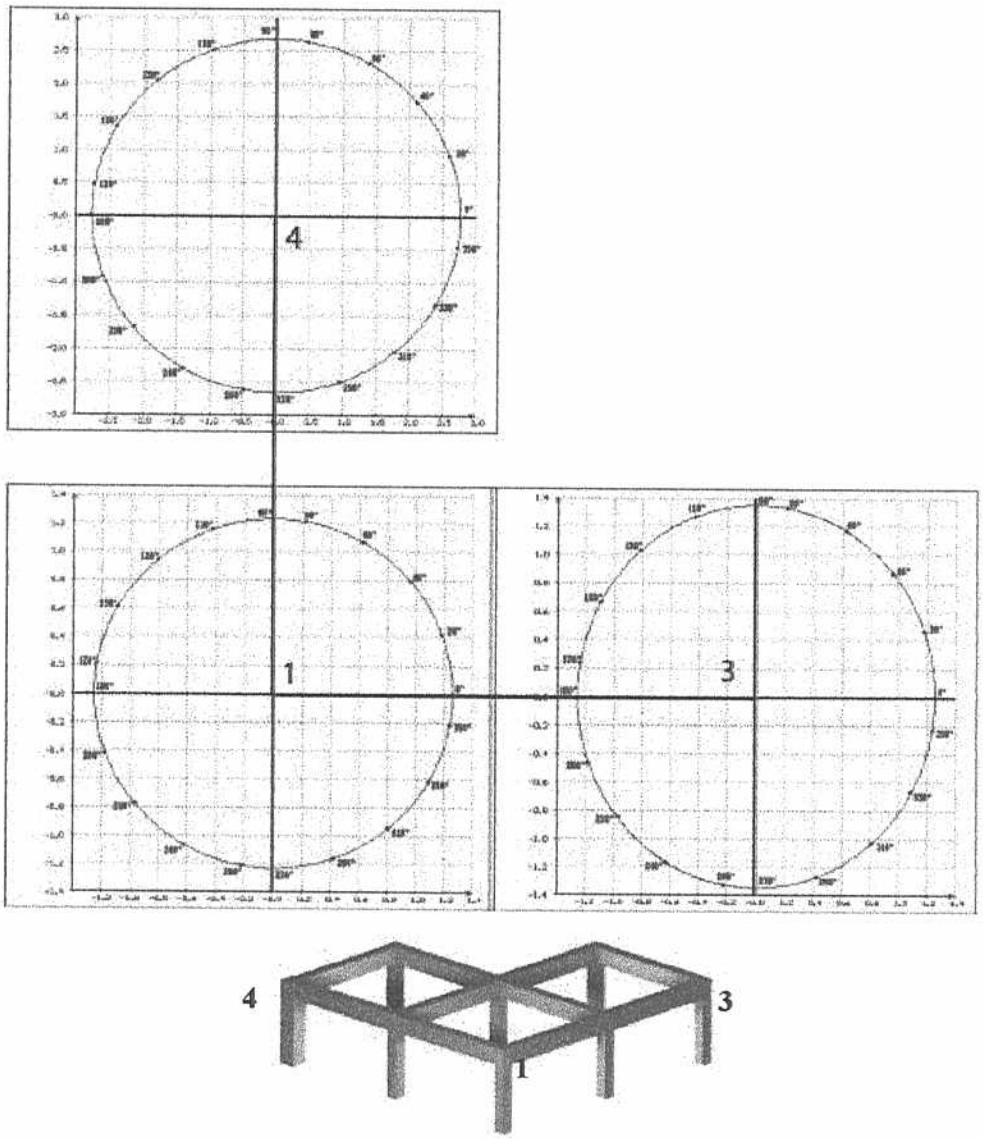
Ux Vs. Uy



Gráfica 16

Por tal motivo vamos a extender el análisis inmediatamente al comportamiento de los modelos para tener suficiente información para dar especificar algún tipo de causa de la presencia de las circunferencias.

Mx Vs. My



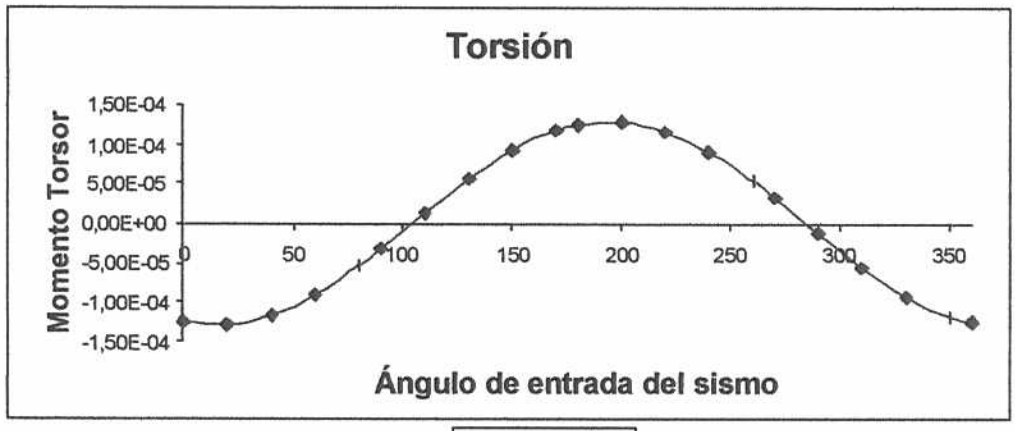
SET 8

Este **SET 8**, permite observar que las figuras de momentos flectores formadas por el sismo rotante, no son circunferencias, por tal motivo acudimos a las ecuaciones de regresión lineal para que nos determinen si son elipses. El resultado fue cierto, pero solo dos figuras son elipses centradas y no rotadas, y para la columna 1 se obtiene una elipse muy poco distorsionada, todas las elipses tienen distintos grados de

distorsión y además sus ejes mayores tienen nuevamente una alineación ya vista previamente.

Con esta información, ya es claro que la variación de la columna es quien está introduciendo el factor de distorsión, ya que este tipo de distorsión se observó claramente en el **Modelo A.1**. Sin embargo ahora podemos establecer algo nuevo, ya que es un hecho, que la eliminación de la variación de la columna 4, causa que la respuesta en momentos sea totalmente circular, por lo cual estará adoptando un comportamiento totalmente regular. Ello se debe a que tenemos, aún ahora, al menos un eje de simetría de rigideces.

Ahora bien, veamos la causa de que la elipse de momentos es tan parecida a una circunferencia, hay que recordar que matemáticamente es una elipse. Observando las figuras de los momentos, la mejor herramienta para hacer encontrar la causa de este hecho, es a través del comportamiento de la torsión. Revisemos entonces la gráfica de torsión para la columna 3



Gráfica 17

Como ya habíamos vista, la torsión se describe mediante una función oscilatoria, pero para este caso, no es la función Seno quien describe este comportamiento en particular, tiene mucho parecido con la función Coseno, además esta función en el círculo trigonométrico, es perpendicular a la función Seno, por lo tanto tiene 90° de desfase. Esto implica que si hacemos lo mismo en esta gráfica, tomamos el punto de corte, que se encuentra aproximadamente a 105° le restamos 90° y tenemos 15° de desfase, pero esto es según al eje de 90°, pero si ahora lo llevamos al eje de 0° tenemos entonces un ángulo de 75° con el eje 0°. Ahora esto toma sentido cuando calculamos el ángulo que forma la columna 1 con el CR, al ser calculado, tenemos que el ángulo que forma, es de 65° lo que implica, que están ambos muy cerca y tal como se evidenció anteriormente, el eje principal de inercia tiene la dirección del desfase de la torsión, es claro que su cercanía debe también restringir de algún modo la distorsión de la circunferencia

Análisis del Modelo C

Veamos ahora un nuevo modelo, el Modelo C, este a diferencia del anterior, no tiene variaciones de las dimensiones de las columnas, en cambio se profundizaron los cambios de planta, esto se logra eliminando todos los ejes de simetría que puedan generarse en la figura formada por la planta, por lo tanto deberíamos experimentar un cambio notable en el comportamiento del modelo. Veamos la figura del modelo identificando sus nodos en estudio.

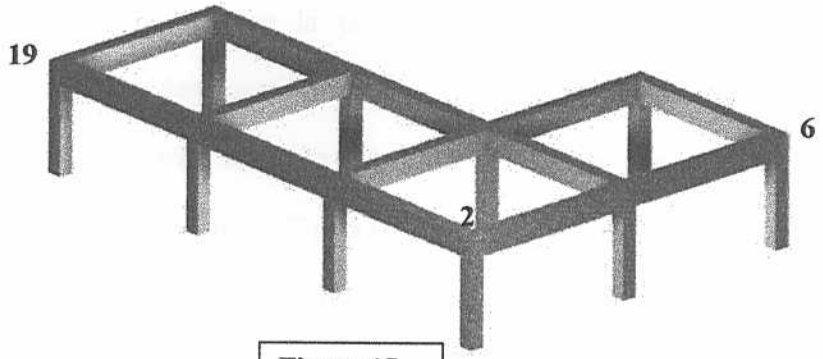
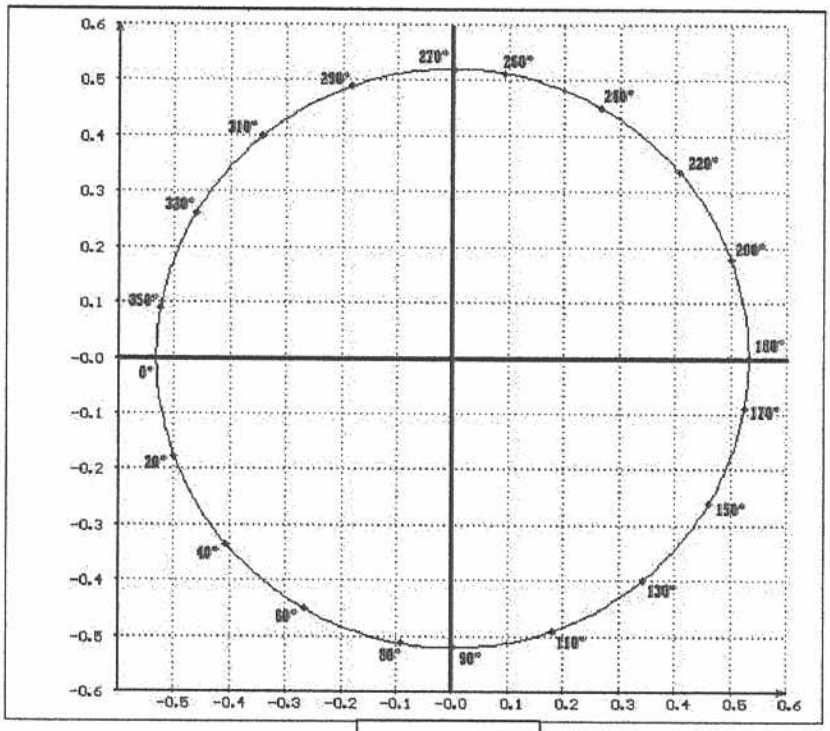


Figura 15

Inmediatamente pasemos al análisis de los desplazamientos de los nodos mostrados en la figura del Modelo C.

Ux Vs. Uy

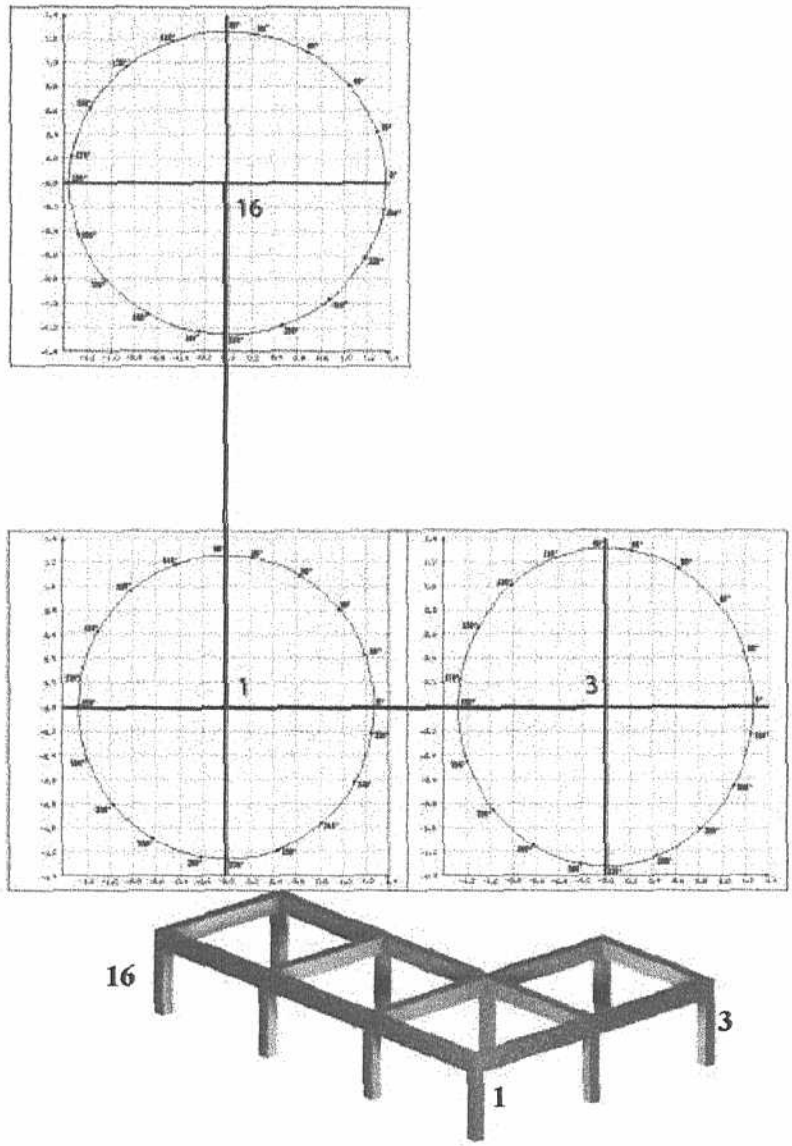


Gráfica 18

Nuevamente tenemos que para los desplazamientos, hay un comportamiento perfecto representado por circunferencias, las cuales son tal como lo muestra la **gráfica 18**, la cual es la gráfica de desplazamientos para el nodo 19, por lo tanto ya podemos

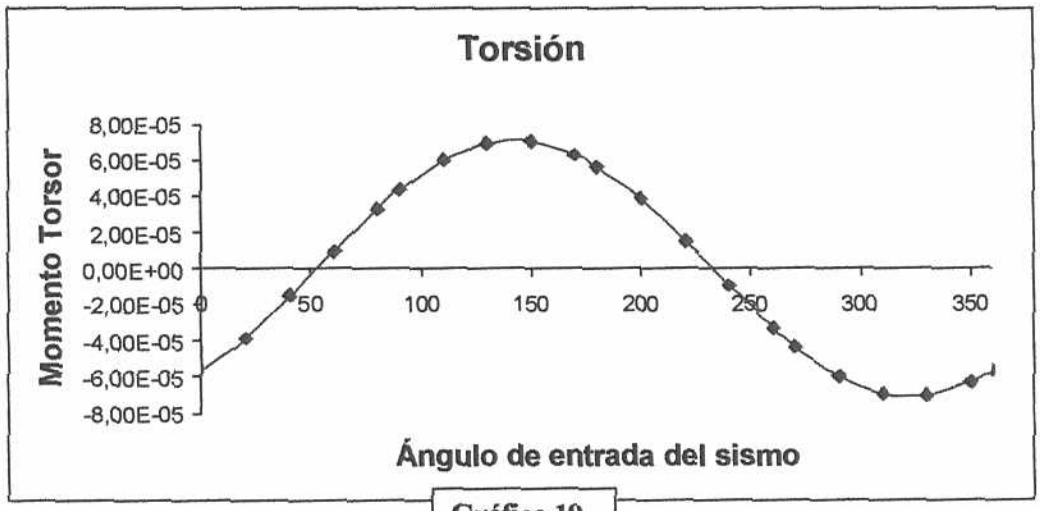
reforzar el planteamiento de que la planta no regular no induce necesariamente distorsiones a nivel de desplazamientos, por tal motivo, debemos hacer el estudio sobre los momentos flectores sobre las mismas columnas que contienen a los nodos ya estudiados, veamos el siguiente SET para el Modelo C.

Mx Vs. My



SET 9

Eran de esperarse nuevamente elipses, sin embargo aquí vuelve a repetirse la circunferencia en la misma columna que en el modelo anterior, no es la misma columna, pero cumple con las misma características de ubicación. Por tal motivo, ya que tenemos solo la variación de planta (UNA DISTORSIÓN LINEAL). Sin embargo, se debe profundizar en los efectos de las transformaciones lineales en la conducta de la estructura. Verifiquemos ahora la gráfica de torsión para la columna 1.



Gráfica 19

Claramente vemos como el comportamiento se vuelve a repetir, ya que el ángulo de distorsión cortante, es de 52° y el ángulo que forma el centro de rigidez con la columna 1, es de 50°. Esto nuevamente retoma lo establecido, aun cuando sea una circunferencia, podemos estar en la banda de errores de la regresión no lineal y considerar la figura como una circunferencia, cuando es una elipse. Por tal motivo estamos en el mismo comportamiento que el Modelo A, el cual tiene una planta cuadrada y la relación de la torsión con la rotación de los ejes principales de inercia es cierta. Aquí hay muchas dudas sobre los resultados, este modelo debe ser reestudiado con variaciones.

Análisis del Modelo C.1

Este Modelos es una simple pero única variación entre todas las hechas, ya que es la incorporación de un pórtico oblicuo y ya como conocemos el comportamiento del modelo original podemos determinar fácilmente la causa de su distorsión.

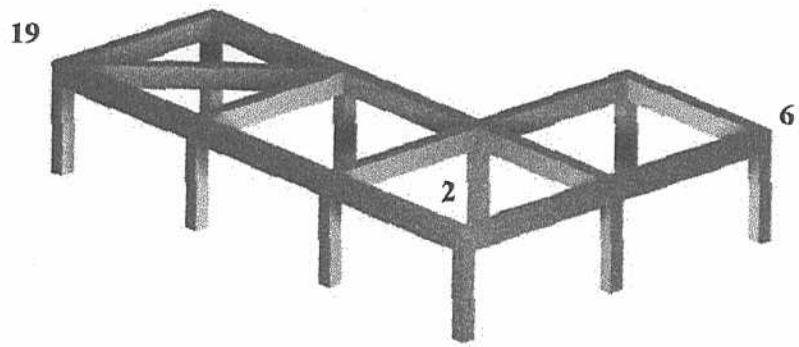
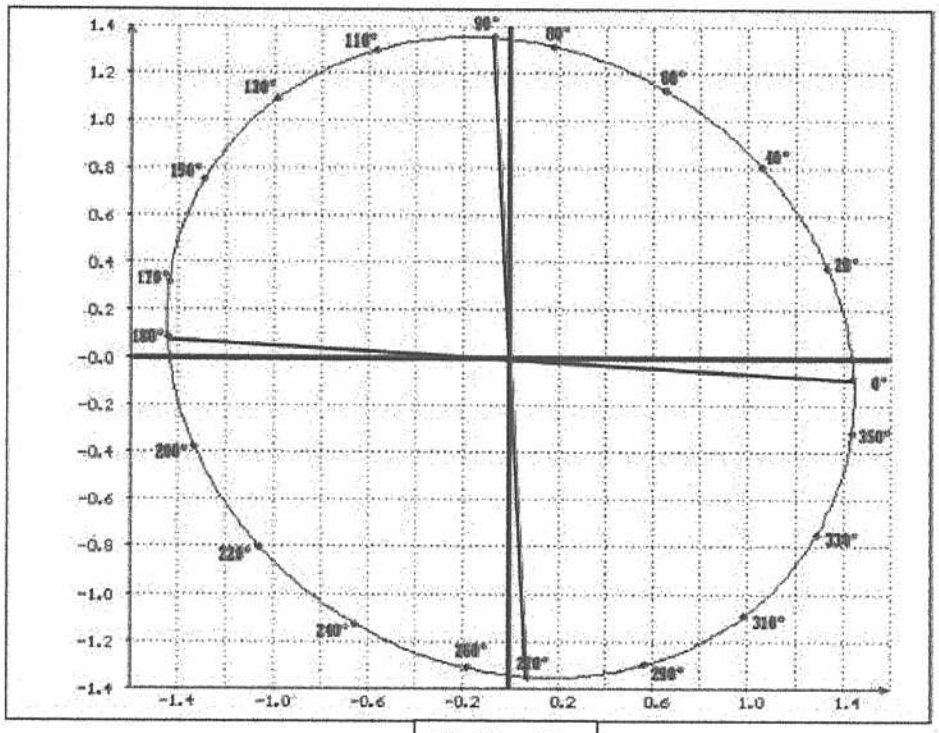


Figura 16

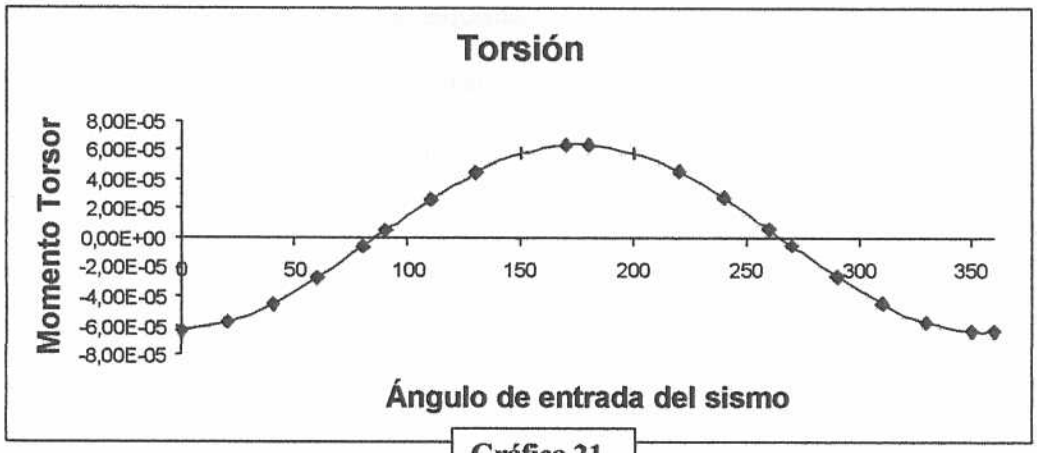
Al realizar el análisis de desplazamientos de este modelo, encontramos en el nodo 19, al realizar la ecuación por la regresión no lineal, resultó una elipse de ejes muy parecidos y a la vez con una pequeña rotación que no se observa en la gráfica, por tal motivo vamos directamente a la gráfica de momentos de la columna correspondiente al nodo en estudio y veamos que sucede con esta distorsión.

Mx Vs. My



Gráfica 20

Claramente es una elipse distorsionada a cortante y de ejes principales que no corresponden con los puntos notables(una doble distorsión, los dos ejes principales se convierten en diámetros conjugados). Este mismo comportamiento se evidenció en un caso especial del Modelo A.1, cuando se aplicó el sismo rotante fuera del centro de rigidez pero lo más extraño es que el resto de las columnas y nodos, no se presentó esta distorsión, por lo que claramente estamos en la presencia de un sistema alterno a la estructura completa. Ahora bien, verifiquemos la torsión de la misma columna en cuestión.



Gráfica 21

Tanto la **gráfica 21**, como las gráficas de las demás columnas de este modelo tienen exactamente el mismo comportamiento, por lo tanto el sistema alterno parece que tiene dependencia del modelo global tal como debería de esperarse. En vista de esto vayamos al extremo de esa distorsión, aunque sea muy improbable su existencia.

Análisis del Modelo C.2

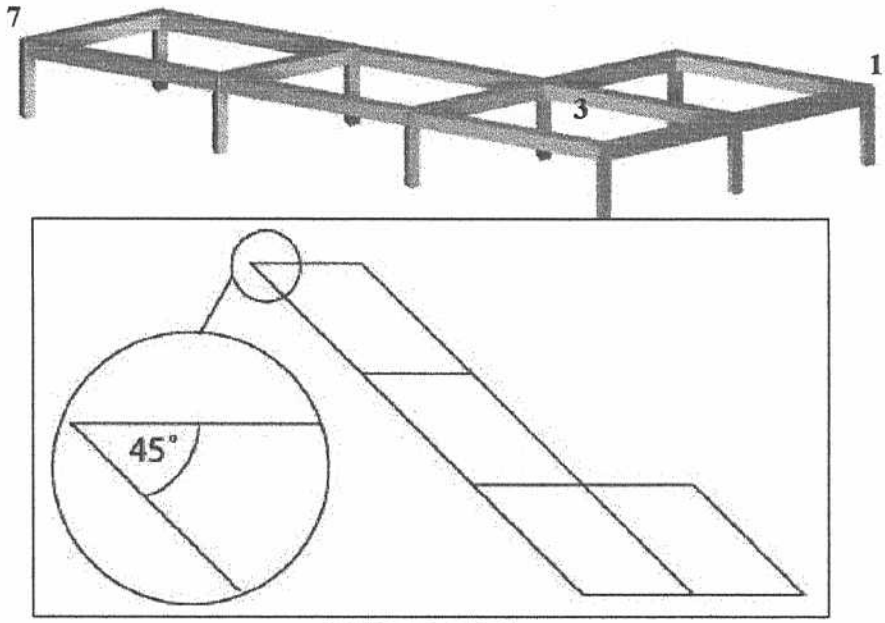
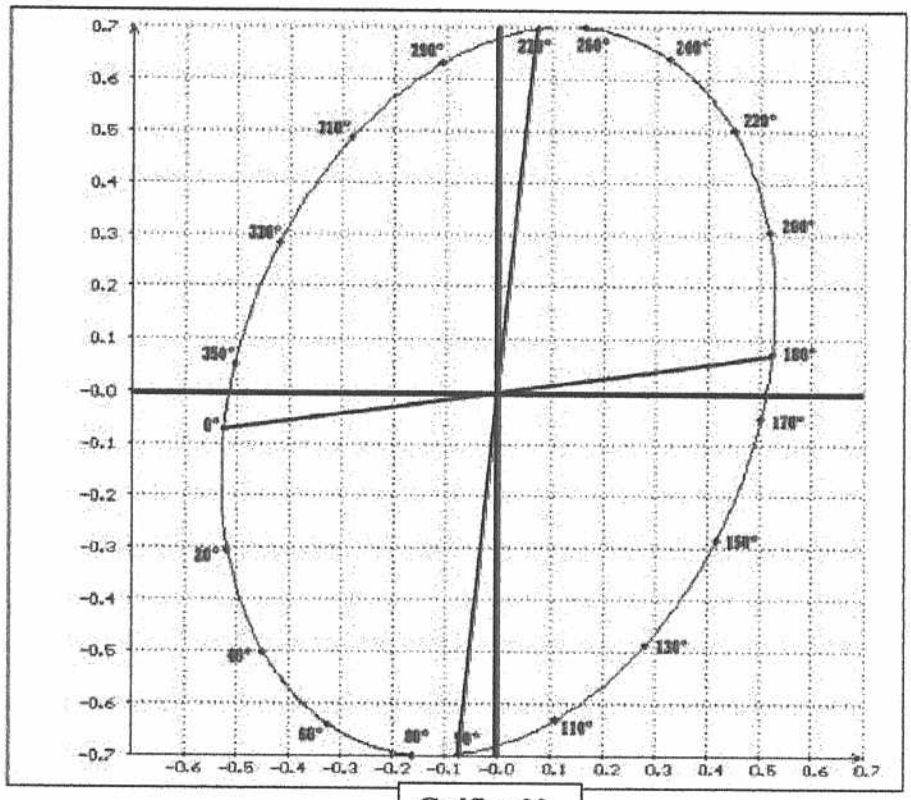


Figura 17

Este modelo rompe con todos los esquemas tradicionales, ya que **todos sus pórticos son oblicuos** entre sí, y por lo tanto es poco estudiado, veamos entonces su comportamiento a los desplazamientos del nodo 7, que sería el equivalente a los otros dos modelos al nodo 19.

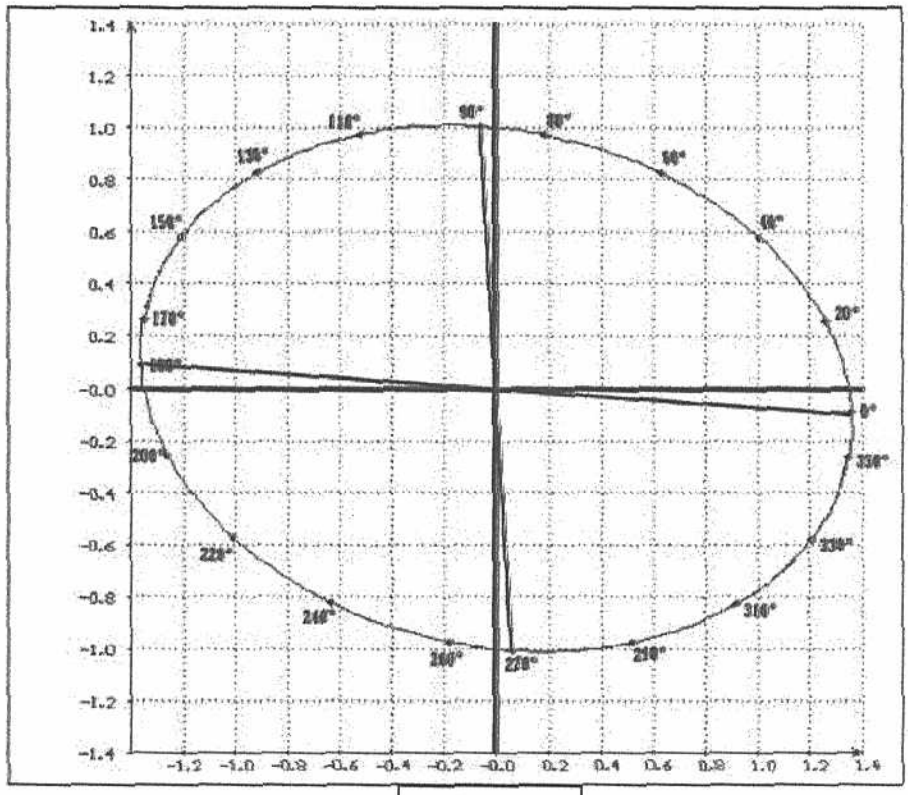
Ux Vs. Uy



Gráfica 22

La diferencia es enorme en comparación de los modelos anteriores menos el caso especial que se consideró en el Modelo A.1, por tal motivo estudiemos los momentos y según el comportamiento visto en el Modelo A.1, cuando se aplicó el sismo rotante en un punto distinto del centro de rigidez, debemos encontrar elipses distorsionadas y con las mismas características. Veamos la **gráfica 23** para la columna correspondiente al nodo en estudio.

Mx Vs. My



Gráfica 23

Esto comprueba que los comportamientos del caso especial del Modelo A.1 y el presente modelo son de la misma naturaleza, por lo cual hay que tener sumo cuidado con este modelo. El aspecto de la torsión solo arroja los mismos resultados anteriores y por tal motivo no se profundizara en la torsión de este modelo, ya que es equivalente a los dos modelos anteriores.

CONCLUSIONES

La primera conclusión que surge de este trabajo es un resumen de las causas y las consecuencias directas de cada una de las modificaciones que se realizaron a lo largo de la investigación

	Distorsiones					
	Desplazamientos		Momentos		Torsión	
Causas	**Elipse**	**Elipse Distorsionada**	**Elipse**	**Elipse Distorsionada**	**Oscilación**	**Oscilación Desplazada**
Traslación de EPI			X		X	
Distorsión de EPI			X			X
Irregularidad de Rigidez			X			X
Pórtico Oblicuo	X	X	X	X		X
Sistema Oblicuo		X		X		X
Punto de Aplicación		X		X	X	

Tabla 2

*Donde las Siglas EPI, se refiere a los "Ejes Principales de Inercia"

**El sistema oblicuo, se refiere a una estructura de pórticos netamente oblicuos.

***El pórtico oblicuo, se refiere a una estructura de pórticos ortogonales y oblicuos.

Como segundo, pero no menos importante, se desprende una posible nueva clasificación estructural, la cual se compone de la siguiente forma:

- Sistemas Isotrópicos, se define como toda edificación que tenga igual respuesta en los desplazamientos y en los momentos, representados con una circunferencia al aplicar el sismo rotante, además con una torsión nula generada por el sismo rotante. Por tales motivos se consideran como edificaciones totalmente regulares.

- Sistemas Ortotrópicos, se define como toda edificación que tenga una respuesta ante el sismo rotante (elipse de Momentos y circunferencias de desplazamientos), con ejes de distintas longitudes coincidentes con las direcciones principales de los pórticos.

- Sistemas con ejes Principales Desviados, se definen como toda edificación que las direcciones principales de respuesta no sean coincidentes con las direcciones principales de los pórticos (direcciones de diseño), esto se evidencia claramente cuando tenemos una respuesta de los desplazamientos y de los momentos con elipses distorsionadas y con los puntos notables situados en ejes conjugados. Este sistema también puede ser inducido cuando elementos oblicuos a las estructuraciones apórticadas, se encuentran incorporados al sistema, alterando la distribución de rigideces en dirección y magnitud.

Otra conclusión que se logra por medio de esta investigación, es la definición de un comportamiento totalmente regular, en cual la acción de un sismo rotante no produce torsión sobre la planta y que además las gráficas asociadas con los desplazamientos de cualquier columna y con los momentos sobre ellas, tienen una representación gráfica perfectamente circular, por tal motivo le damos vida a un nuevo concepto relacionado con la regularidad, regularidad en rigidez, ya que una planta geométricamente regular no garantiza la regularidad de comportamiento mientras que una planta con rigideces idénticas, según las direcciones principales de sus pórticos, garantiza un comportamiento de representación circular, o en otras palabras, el comportamiento más regular posible.

Un aspecto que es muy interesante, que solo hace falta recordarlo nuevamente, ya que es concluyente, es en la combinación de pórticos ortogonales con pórticos oblicuos, este fenómeno es claro que provoca una serie de respuestas locales, distintas a la del resto de la estructura, formando así una clase de subsistema alterno perturbador, lo puede tener gran peso en determinadas circunstancias, pudiendo alterar las direcciones de diseño normales (las direcciones de aporticamiento usualmente adoptadas en los proyectos).

También se demostró el efecto del momento torsor, el cual no origina cambios en esencia del comportamiento, ya que una traslación de la elipse de respuesta no implica una modificación radical de los datos de diseño, solo la traslada bajo una cantidad constante, pero su respuesta sigue siendo circular o elíptica, según sea el caso. Es decir, tanto las cargas verticales como las Torsiones Puras de Planta sólo

generan vectores que se suman a todos los puntos de las elipses de diseño. En cambio las Torsiones originadas en excentricidades distorsionan esas elipses

Se concluye igualmente, que el estudio del comportamiento de plantas de edificios debe ser objeto de un estudio global, deben ser estudiadas como sistemas y no por elementos separados, ya que la respuesta es global y su estudio debe ser de igual tipo. Esto se deriva de las figuras compuestas o SET, como se le llama en este trabajo. Esta técnica nos permitió observar con mayor capacidad el comportamiento general de la edificación.

Adicionalmente como se elaboró una matriz que contiene las distorsiones y las causas de esas distorsiones, también presentamos otra matriz, que contiene los tipos de simetrías que posean o no los modelos estudiados

	Simetría				
Modelos	Circular	Doble	Simple	Antisimetría	Asimetría
Patrón (0)	X				
A			X		
A.1			X		
B			X		
C					X
C.1					X
C.2					X

Tabla 3

Donde la simetría circular (o radial), se refiere al modelo que sin importar en que dirección se estudie, siempre esa dirección será un eje de simetría,(por ej. un polígono regular con número par de vértices) o una circunferencia. A diferencia de la simetría doble, que es por ej. La de un cuadrado; la simetría simple, se refiere por ej. A un rectángulo, la antisimetría se refiere al caso en que dos mitades de una figura han sufrido una rotación relativa que impide la superposición congruente de las mitades rotadas.(por ej. Un triángulo isósceles) (Las manos humanas puestas una sobre la otra con palmas que se toquen tienen contornos mutuamente antisimétricos). La Asimetría es la ausencia de todo tipo de simetría (un triangulo escaleno, por ej.)

Adicionalmente se desprende una serie de conjeturas, que fueron observadas en este trabajo, las cuales son dignas de trabajos de investigación posteriores detallados, entre las más resaltantes se encuentran:

- La estrecha relación que tiene la distorsión de los Ejes principales de Inercia, y el desplazamiento de la oscilación bajo la acción del sismo rotante. Tal como se evidenció en varios casos, pero no hubo suficiente información para aclarar totalmente este hecho, ya que aun hay ciertos aspectos que no están plenamente investigados en el comportamiento de la gráfica de torsión.

- En gráficas adicionales, no reflejadas en el cuerpo de la investigación, se evidencia que el comportamiento tiene una dimensión más, no se trata de un comportamiento plano, ya que el fenómeno es de característica tridimensional.

- Una planta irregular en horizontal y cambiante de forma con la altura podría generar desplazamientos torsionales no contenibles en planos horizontales, poniendo en duda las formas de ataque del problema torsional con imágenes planas horizontales. Dicho de otro modo, si el lugar geométrico de los centros de rigidez según la altura es una curva alabeada, comienzan a surgir dudas sobre la validez de los métodos normativos usuales.

- Podría pensarse que toda transformación lineal de una planta de edificio (distorsión de cortante , amplificación diferente para cada eje, y, obviamente, las traslaciones y rotaciones rígidas) CAMBIAN LAS DIRECCIONES DE LOS EJES PRINCIPALES DE LAS ELIPSES DE DESPLAZAMIENTOS REFERIDAS A LOS CENTROS DE RIGIDEZ DE MANERA PREDECIBLE, pero las elipses mismas se distorsionan. Esta conjetura es cierta para las distorsiones de cortante de figuras planas cuyas áreas, módulos de Sección y Momentos de Inercia No cambian. (paso de un Rectángulo a un Rombo). En las plantas con este tipo de distorsión hay que fijarse en que las luces de las vigas pueden cambiar en valor absoluto pero no en valores relativos.

- El planteamiento teórico que seguimos por la torsión, es decir que lo que importa es la dirección de la traza del pórtico y no su posición dentro de ella; permite pensar que, en teoría, podría haber ciertas aporticamientos irregulares que generara comportamientos regulares. Este aspecto se estudia en este momento en otro trabajo especial de grado.

BIBLIOGRAFÍA

- CHACÓN, DANIELA (2003). "Solicitaciones en Columnas en Edificios Sujetos a Fuerzas Sísmicas Bidireccionales.(Un intento para simplificar la Norma Sísmica)", Trabajo Especial de Grado, Caracas, UNIMET.
- BEER, FEDINAND y JOHNSTON, RUSSELL, (1997). "Mecánica Vectorial para Ingenieros. Estática", Sexta Edición, México: Editorial McGRAW-HILL/INTERAMRICANA, S.A. DE C.V.
- POPOV, EGOR (2000). "Mecánica de Sólidos", Segunda Edición, México: Editorial PEARSON EDUCACIÓN.
- PAPARONI, MARIO y P. F. HUMMELGENS (2000) "Un Tratamiento Matemático de la Rigidez Torsional de una Planta de un Edificio con Pórticos en Direcciones Arbitrarias". Revista TEKHNE, ano 1, N°4, Caracas
- HUDSON, RALPH (1953). " THE ENGINEERS' MANUAL", Segunda Edición, New York: Editorial Fourteenth Printing.
- MANCZUR, JAN ANDRZEJ (1997). "LSM PROGRAM, Least Square Method". Polonia, www.prz.rzeszow.pl\~janand\, janand@ewa.prz.rzeszow.pl.
- PAPARONI, MARIO y S. HOLOMA (1970) "Representación geométrica simplificada de la acción multidireccional de un sismo. Elipses de momentos y círculos polares de fuerza axial". Boletín del IMME, año VIII, N° 31 y 32, Caracas.
- TAUCER, FABIO; COLVEE, PABLO (1982). "Acciones producidas sobre columnas por un sismo actuante en cualquier dirección", Trabajo Especial de Grado, Caracas, UCV

ANEXOS

Desplazamientos Modelo 0, Nodo 2

Ángulo	Ux	Uy
0	-1,35E-03	0
20	-1,27E-03	-4,61E-04
40	-1,03E-03	-8,66E-04
60	-6,74E-04	-1,17E-03
80	-2,34E-04	-1,33E-03
90	0	-1,35E-03
110	4,61E-04	-1,27E-03
130	8,66E-04	-1,03E-03
150	1,17E-03	-6,74E-04
170	1,33E-03	-2,34E-04
180	1,35E-03	0,00E+00
200	1,27E-03	4,61E-04
220	1,03E-03	8,66E-04
240	6,74E-04	1,17E-03
260	2,34E-04	1,33E-03
270	0,00E+00	1,35E-03
290	-4,61E-04	1,27E-03
310	-8,66E-04	1,03E-03
330	-1,17E-03	6,74E-04
350	-1,33E-03	2,34E-04

Momentos del Modelo 0, Columna 1

Ángulo	Mx	My
0	3,45	0
20	3,24	1,18
40	2,64	2,22
60	1,72	2,99
80	5,98E-01	3,39
90	0	3,45
110	-1,18	3,24
130	-2,22	2,64
150	-2,99	1,72
170	-3,39	5,98E-01
180	-3,45	0
200	-3,24	-1,18
220	-2,64	-2,22
240	-1,72	-2,99
260	-5,98E-01	-3,39
270	0	-3,45
290	1,18	-3,24
310	2,22	-2,64
330	2,99	-1,72
350	3,39	-5,98E-01

M. Torsor Modelo 0, Nodo 2

Ángulo	Ux	Uy
0	-1,10E-03	-2,49E-04
20	-1,02E-03	-7,10E-04
40	-7,83E-04	-1,12E-03
60	-4,25E-04	-1,42E-03
80	1,52E-05	-1,58E-03
90	2,49E-04	-1,60E-03
110	7,10E-04	-1,52E-03
130	1,12E-03	-1,28E-03
150	1,42E-03	-9,23E-04
170	1,58E-03	-4,83E-04
180	1,60E-03	-2,49E-04
200	1,52E-03	2,12E-04
220	1,28E-03	6,17E-04
240	9,23E-04	9,18E-04
260	4,83E-04	1,08E-03
270	2,49E-04	1,10E-03
290	-2,12E-04	1,02E-03
310	-6,17E-04	7,83E-04
330	-9,18E-04	4,25E-04
350	-1,08E-03	-1,52E-05

M. Torsor Modelo 0, Nodo 4

Ángulo	Ux	Uy
0	-1,60E-03	-2,49E-04
20	-1,52E-03	-7,10E-04
40	-1,28E-03	-1,12E-03
60	-9,23E-04	-1,42E-03
80	-4,83E-04	-1,58E-03
90	-2,49E-04	-1,60E-03
110	2,12E-04	-1,52E-03
130	6,17E-04	-1,28E-03
150	9,18E-04	-9,23E-04
170	1,08E-03	-4,83E-04
180	1,10E-03	-2,49E-04
200	1,02E-03	2,12E-04
220	7,83E-04	6,17E-04
240	4,25E-04	9,18E-04
260	-1,52E-05	1,08E-03
270	-2,49E-04	1,10E-03
290	-7,10E-04	1,02E-03
310	-1,12E-03	7,83E-04
330	-1,42E-03	4,25E-04
350	-1,58E-03	-1,52E-05

M. Torsor Modelo 0, Nodo 6

Ángulo	Ux	Uy
0	-1,10E-03	2,49E-04
20	-1,02E-03	-2,12E-04
40	-7,83E-04	-6,17E-04
60	-4,25E-04	-9,18E-04
80	1,52E-05	-1,08E-03
90	2,49E-04	-1,10E-03
110	7,10E-04	-1,02E-03
130	1,12E-03	-7,83E-04
150	1,42E-03	-4,25E-04
170	1,58E-03	1,52E-05
180	1,60E-03	2,49E-04
200	1,52E-03	7,10E-04
220	1,28E-03	1,12E-03
240	9,23E-04	1,42E-03
260	4,83E-04	1,58E-03
270	2,49E-04	1,60E-03
290	-2,12E-04	1,52E-03
310	-6,17E-04	1,28E-03
330	-9,18E-04	9,23E-04
350	-1,08E-03	4,83E-04

M. Torsor Modelo 0, Columna 1

Ángulo	Mx	My
0	2,78	6,63E-01
20	2,58	1,84
40	1,98	2,88
60	1,06	3,65
80	-6,43E-02	4,06
90	-6,63E-01	4,11
110	-1,84	3,9
130	-2,88	3,3
150	-3,65	2,39
170	-4,06	1,26
180	-4,11	6,63E-01
200	-3,9	-5,16E-01
220	-3,3	-1,55
240	-2,39	-2,32
260	-1,26	-2,73
270	-6,63E-01	-2,78
290	5,16E-01	-2,58
310	1,55	-1,98
330	2,32	-1,06
350	2,73	6,43E-02

M. Torsor Modelo 0, Nodo 8

Sismo	Ux	Uy
0	-1,60E-03	2,49E-04
20	-1,52E-03	-2,12E-04
40	-1,28E-03	-6,17E-04
60	-9,23E-04	-9,18E-04
80	-4,83E-04	-1,08E-03
90	-2,49E-04	-1,10E-03
110	2,12E-04	-1,02E-03
130	6,17E-04	-7,83E-04
150	9,18E-04	-4,25E-04
170	1,08E-03	1,52E-05
180	1,10E-03	2,49E-04
200	1,02E-03	7,10E-04
220	7,83E-04	1,12E-03
240	4,25E-04	1,42E-03
260	-1,52E-05	1,58E-03
270	-2,49E-04	1,60E-03
290	-7,10E-04	1,52E-03
310	-1,12E-03	1,28E-03
330	-1,42E-03	9,23E-04
350	-1,58E-03	4,83E-04

M. Torsor Modelo 0, Columna 2

Sismo	Mx	My
0	4,11	6,63E-01
20	3,9	1,84
40	3,3	2,88
60	2,39	3,65
80	1,26	4,06
90	6,63E-01	4,11
110	-5,16E-01	3,9
130	-1,55	3,3
150	-2,32	2,39
170	-2,73	1,26
180	-2,78	6,63E-01
200	-2,58	-5,16E-01
220	-1,98	-1,55
240	-1,06	-2,32
260	6,43E-02	-2,73
270	6,63E-01	-2,78
290	1,84	-2,58
310	2,88	-1,98
330	3,65	-1,06
350	4,06	6,43E-02

M. Torsor Modelo 0, Columna 3

Sismo	Mx	My
0	2,78	-6,63E-01
20	2,58	5,16E-01
40	1,98	1,55
60	1,06	2,32
80	-6,43E-02	2,73
90	-6,63E-01	2,78
110	-1,84	2,58
130	-2,88	1,98
150	-3,65	1,06
170	-4,06	-6,43E-02
180	-4,11	-6,63E-01
200	-3,9	-1,84
220	-3,3	-2,88
240	-2,39	-3,65
260	-1,26	-4,06
270	-6,63E-01	-4,11
290	5,16E-01	-3,9
310	1,55	-3,3
330	2,32	-2,39
350	2,73	-1,26

M. Torsor Modelo 0, Columna 4

Sismo	Mx	My
0	4,11	-6,63E-01
20	3,9	5,16E-01
40	3,3	1,55
60	2,39	2,32
80	1,26	2,73
90	6,63E-01	2,78
110	-5,16E-01	2,58
130	-1,55	1,98
150	-2,32	1,06
170	-2,73	-6,43E-02
180	-2,78	-6,63E-01
200	-2,58	-1,84
220	-1,98	-2,88
240	-1,06	-3,65
260	6,43E-02	-4,06
270	6,63E-01	-4,11
290	1,84	-3,9
310	2,88	-3,3
330	3,65	-2,39
350	4,06	-1,26

Modelo A, Nodo2

Sismo	Ux	Uy
0	-6,34E-05	0
20	-5,97E-05	-2,22E-05
40	-4,89E-05	-4,11E-05
60	-3,21E-05	-5,51E-05
80	-1,15E-05	-6,25E-05
90	0,00E+00	-6,34E-05
110	2,12E-05	-5,93E-05
130	4,03E-05	-4,82E-05
150	5,46E-05	-3,12E-05
170	6,23E-05	-1,05E-05
180	6,34E-05	0,00E+00
200	5,97E-05	2,22E-05
220	4,89E-05	4,11E-05
240	3,21E-05	5,51E-05
260	1,15E-05	6,25E-05
270	0,00E+00	6,34E-05
290	-2,12E-05	5,93E-05
310	-4,03E-05	4,82E-05
330	-5,46E-05	3,12E-05
350	-6,23E-05	1,05E-05

Modelo A, Nodo 6

Sismo	Ux	Uy
0	-6,34E-05	0
20	-5,97E-05	-2,22E-05
40	-4,89E-05	-4,11E-05
60	-3,21E-05	-5,51E-05
80	-1,15E-05	-6,25E-05
90	0,00E+00	-6,34E-05
110	2,12E-05	-5,93E-05
130	4,03E-05	-4,82E-05
150	5,46E-05	-3,12E-05
170	6,23E-05	-1,05E-05
180	6,34E-05	0,00E+00
200	5,97E-05	2,22E-05
220	4,89E-05	4,11E-05
240	3,21E-05	5,51E-05
260	1,15E-05	6,25E-05
270	0,00E+00	6,34E-05
290	-2,12E-05	5,93E-05
310	-4,03E-05	4,82E-05
330	-5,46E-05	3,12E-05
350	-6,23E-05	1,05E-05

Modelo A, Nodo 4

Sismo	Ux	Uy
0	-6,34E-05	0
20	-5,97E-05	-2,22E-05
40	-4,89E-05	-4,11E-05
60	-3,21E-05	-5,51E-05
80	-1,15E-05	-6,25E-05
90	0,00E+00	-6,34E-05
110	2,12E-05	-5,93E-05
130	4,03E-05	-4,82E-05
150	5,46E-05	-3,12E-05
170	6,23E-05	-1,05E-05
180	6,34E-05	0,00E+00
200	5,97E-05	2,22E-05
220	4,89E-05	4,11E-05
240	3,21E-05	5,51E-05
260	1,15E-05	6,25E-05
270	0,00E+00	6,34E-05
290	-2,12E-05	5,93E-05
310	-4,03E-05	4,82E-05
330	-5,46E-05	3,12E-05
350	-6,23E-05	1,05E-05

Modelo A, Nodo 8

Sismo	Ux	Uy
0	-6,34E-05	0
20	-5,97E-05	-2,22E-05
40	-4,89E-05	-4,11E-05
60	-3,21E-05	-5,51E-05
80	-1,15E-05	-6,25E-05
90	0,00E+00	-6,34E-05
110	2,12E-05	-5,93E-05
130	4,03E-05	-4,82E-05
150	5,46E-05	-3,12E-05
170	6,23E-05	-1,05E-05
180	6,34E-05	0,00E+00
200	5,97E-05	2,22E-05
220	4,89E-05	4,11E-05
240	3,21E-05	5,51E-05
260	1,15E-05	6,25E-05
270	0,00E+00	6,34E-05
290	-2,12E-05	5,93E-05
310	-4,03E-05	4,82E-05
330	-5,46E-05	3,12E-05
350	-6,23E-05	1,05E-05

Modelo A, Columna1

Sismo	Mx	My
0	1,48E+00	1,09E-02
20	1,39E+00	5,16E-01
40	1,14E+00	9,60E-01
60	7,49E-01	1,29E+00
80	2,68E-01	1,46E+00
90	1,09E-02	1,48E+00
110	-4,96E-01	1,39E+00
130	-9,43E-01	1,13E+00
150	-1,28E+00	7,30E-01
170	-1,46E+00	2,46E-01
180	-1,48E+00	-1,09E-02
200	-1,39E+00	-5,16E-01
220	-1,14E+00	-9,60E-01
240	-7,49E-01	-1,29E+00
260	-2,68E-01	-1,46E+00
270	-1,09E-02	-1,48E+00
290	4,96E-01	-1,39E+00
310	9,43E-01	-1,13E+00
330	1,28E+00	-7,30E-01
350	1,46E+00	-2,46E-01

Modelo A, Columna 3

Sismo	Mx	My
0	3,32	1,93E-02
20	3,12	9,15E-01
40	2,53	1,7
60	1,65	2,28
80	5,60E-01	2,59
90	-1,76E-02	2,62
110	-1,15	2,46
130	-2,15	2
150	-2,89	1,29
170	-3,28	4,36E-01
180	-3,32	-1,93E-02
200	-3,12	-9,15E-01
220	-2,53	-1,7
240	-1,65	-2,28
260	-5,60E-01	-2,59
270	1,76E-02	-2,62
290	1,15	-2,46
310	2,15	-2
330	2,89	-1,29
350	3,28	-4,36E-01

Modelo A, Columna 2

Sismo	Mx	My
0	2,62	-1,76E-02
20	2,47	1,12
40	2,02	2,12
60	1,33	2,87
80	4,74E-01	3,27
90	1,93E-02	3,32
110	-8,79E-01	3,13
130	-1,67	2,56
150	-2,26	1,68
170	-2,58	5,94E-01
180	-2,62	1,76E-02
200	-2,47	-1,12
220	-2,02	-2,12
240	-1,33	-2,87
260	-4,74E-01	-3,27
270	-1,93E-02	-3,32
290	8,79E-01	-3,13
310	1,67	-2,56
330	2,26	-1,68
350	2,58	-5,94E-01

Modelo A, Columna 4

Sismo	Mx	My
0	3,17	-1,87E-02
20	2,97	1,07
40	2,42	2,02
60	1,57	2,74
80	5,32E-01	3,12
90	-1,87E-02	3,17
110	-1,1	2,99
130	-2,05	2,44
150	-2,76	1,6
170	-3,13	5,69E-01
180	-3,17	1,87E-02
200	-2,97	-1,07
220	-2,42	-2,02
240	-1,57	-2,74
260	-5,32E-01	-3,12
270	1,87E-02	-3,17
290	1,1	-2,99
310	2,05	-2,44
330	2,76	-1,6
350	3,13	-5,69E-01

Modelo A, Torsión Columna 1

Sismo	T
0	1,52E-03
20	9,07E-04
40	1,87E-04
60	-5,55E-04
80	-1,23E-03
90	-1,52E-03
110	-1,94E-03
130	-2,14E-03
150	-2,07E-03
170	-1,76E-03
180	-1,52E-03
200	-9,07E-04
220	-1,87E-04
240	5,55E-04
260	1,23E-03
270	1,52E-03
290	1,94E-03
310	2,14E-03
330	2,07E-03
350	1,76E-03

Modelo A, Torsión Columna 3

Sismo	T
0	7,68E-03
20	4,59E-03
40	9,45E-04
60	-2,81E-03
80	-6,23E-03
90	-7,68E-03
110	-9,84E-03
130	-1,08E-02
150	-1,05E-02
170	-8,90E-03
180	-7,68E-03
200	-4,59E-03
220	-9,45E-04
240	2,81E-03
260	6,23E-03
270	7,68E-03
290	9,84E-03
310	1,08E-02
330	1,05E-02
350	8,90E-03

Modelo A, Torsión Columna 2

Sismo	T
0	7,68E-03
20	4,59E-03
40	9,45E-04
60	-2,81E-03
80	-6,23E-03
90	-7,68E-03
110	-9,84E-03
130	-1,08E-02
150	-1,05E-02
170	-8,90E-03
180	-7,68E-03
200	-4,59E-03
220	-9,45E-04
240	2,81E-03
260	6,23E-03
270	7,68E-03
290	9,84E-03
310	1,08E-02
330	1,05E-02
350	8,90E-03

Modelo A, Torsión Columna 4

Sismo	T
0	7,68E-03
20	4,59E-03
40	9,45E-04
60	-2,81E-03
80	-6,23E-03
90	-7,68E-03
110	-9,84E-03
130	-1,08E-02
150	-1,05E-02
170	-8,90E-03
180	-7,68E-03
200	-4,59E-03
220	-9,45E-04
240	2,81E-03
260	6,23E-03
270	7,68E-03
290	9,84E-03
310	1,08E-02
330	1,05E-02
350	8,90E-03

Modelo A.1, Nodo 2

Sismo	Ux	Uy
0	-6,67E-04	0
20	-6,26E-04	-2,17E-04
40	-5,10E-04	-4,08E-04
60	-3,33E-04	-5,50E-04
80	-1,15E-04	-6,25E-04
90	0,00E+00	-6,35E-04
110	2,29E-04	-5,97E-04
130	4,29E-04	-4,86E-04
150	5,78E-04	-3,17E-04
170	6,57E-04	-1,10E-04
180	6,67E-04	0,00E+00
200	6,26E-04	2,17E-04
220	5,10E-04	4,08E-04
240	3,33E-04	5,50E-04
260	1,15E-04	6,25E-04
270	0,00E+00	6,35E-04
290	-2,29E-04	5,97E-04
310	-4,29E-04	4,86E-04
330	-5,78E-04	3,17E-04
350	-6,57E-04	1,10E-04

Modelo A.1, Nodo 6

Sismo	Ux	Uy
0	-6,67E-04	0
20	-6,27E-04	-2,17E-04
40	-5,11E-04	-4,08E-04
60	-3,34E-04	-5,50E-04
80	-1,16E-04	-6,25E-04
90	0,00E+00	-6,35E-04
110	2,28E-04	-5,97E-04
130	4,28E-04	-4,86E-04
150	5,77E-04	-3,17E-04
170	6,56E-04	-1,10E-04
180	6,67E-04	0,00E+00
200	6,27E-04	2,17E-04
220	5,11E-04	4,08E-04
240	3,34E-04	5,50E-04
260	1,16E-04	6,25E-04
270	0,00E+00	6,35E-04
290	-2,28E-04	5,97E-04
310	-4,28E-04	4,86E-04
330	-5,77E-04	3,17E-04
350	-6,56E-04	1,10E-04

Modelo A.1, Nodo 4

Sismo	Ux	Uy
0	-6,67E-04	0
20	-6,26E-04	-2,17E-04
40	-5,10E-04	-4,08E-04
60	-3,33E-04	-5,49E-04
80	-1,15E-04	-6,24E-04
90	0,00E+00	-6,34E-04
110	2,29E-04	-5,96E-04
130	4,29E-04	-4,86E-04
150	5,78E-04	-3,17E-04
170	6,57E-04	-1,10E-04
180	6,67E-04	0,00E+00
200	6,26E-04	2,17E-04
220	5,10E-04	4,08E-04
240	3,33E-04	5,49E-04
260	1,15E-04	6,24E-04
270	0,00E+00	6,34E-04
290	-2,29E-04	5,96E-04
310	-4,29E-04	4,86E-04
330	-5,78E-04	3,17E-04
350	-6,57E-04	1,10E-04

Modelo A.1, Nodo 8

Sismo	Ux	Uy
0	-6,67E-04	0
20	-6,27E-04	-2,17E-04
40	-5,11E-04	-4,08E-04
60	-3,34E-04	-5,49E-04
80	-1,16E-04	-6,24E-04
90	0,00E+00	-6,34E-04
110	2,28E-04	-5,96E-04
130	4,28E-04	-4,86E-04
150	5,77E-04	-3,17E-04
170	6,56E-04	-1,10E-04
180	6,67E-04	0,00E+00
200	6,27E-04	2,17E-04
220	5,11E-04	4,08E-04
240	3,34E-04	5,49E-04
260	1,16E-04	6,24E-04
270	0,00E+00	6,34E-04
290	-2,28E-04	5,96E-04
310	-4,28E-04	4,86E-04
330	-5,77E-04	3,17E-04
350	-6,56E-04	1,10E-04

Modelo A.1, Columna 1

Sismo	Mx	My
0	2,02	0
20	1,9	5,42E-01
40	1,55	1,02
60	1,01	1,37
80	3,49E-01	1,56
90	-1,56E-03	1,58
110	-6,92E-01	1,49
130	-1,3	1,21
150	-1,75	7,92E-01
170	-1,99	2,75E-01
180	-2,02	0
200	-1,9	-5,42E-01
220	-1,55	-1,02
240	-1,01	-1,37
260	-3,49E-01	-1,56
270	1,56E-03	-1,58
290	6,92E-01	-1,49
310	1,3	-1,21
330	1,75	-7,92E-01
350	1,99	-2,75E-01

Modelo A.1, Columna 3

Sismo	Mx	My
0	2,02	0
20	1,9	5,42E-01
40	1,55	1,02
60	1,01	1,37
80	3,49E-01	1,56
90	-1,56E-03	1,58
110	-6,92E-01	1,49
130	-1,3	1,21
150	-1,75	7,92E-01
170	-1,99	2,75E-01
180	-2,02	0
200	-1,9	-5,42E-01
220	-1,55	-1,02
240	-1,01	-1,37
260	-3,49E-01	-1,56
270	1,56E-03	-1,58
290	6,92E-01	-1,49
310	1,3	-1,21
330	1,75	-7,92E-01
350	1,99	-2,75E-01

Modelo A.1, Columna 2

Sismo	Mx	My
0	3,37	0
20	3,17	1,39
40	2,58	2,61
60	1,68	3,51
80	5,83E-01	3,99
90	-2,96E-03	4,06
110	-1,16	3,81
130	-2,17	3,11
150	-2,92	2,03
170	-3,32	7,04E-01
180	-3,37	0
200	-3,17	-1,39
220	-2,58	-2,61
240	-1,68	-3,51
260	-5,83E-01	-3,99
270	2,96E-03	-4,06
290	1,16	-3,81
310	2,17	-3,11
330	2,92	-2,03
350	3,32	-7,04E-01

Modelo A.1, Columna 4

Sismo	Mx	My
0	3,37	0
20	3,17	1,39
40	2,58	2,61
60	1,68	3,51
80	5,83E-01	3,99
90	-2,96E-03	4,06
110	-1,16	3,81
130	-2,17	3,11
150	-2,92	2,03
170	-3,32	7,04E-01
180	-3,37	0
200	-3,17	-1,39
220	-2,58	-2,61
240	-1,68	-3,51
260	-5,83E-01	-3,99
270	2,96E-03	-4,06
290	1,16	-3,81
310	2,17	-3,11
330	2,92	-2,03
350	3,32	-7,04E-01

Modelo A.1, Torsión Columna 1

Sismo	T
0	0
20	8,64E-05
40	1,63E-04
60	2,19E-04
80	2,49E-04
90	2,53E-04
110	2,38E-04
130	1,94E-04
150	1,26E-04
170	4,39E-05
180	0,00E+00
200	-8,64E-05
220	-1,63E-04
240	-2,19E-04
260	-2,49E-04
270	-2,53E-04
290	-2,38E-04
310	-1,94E-04
330	-1,26E-04
350	-4,39E-05

Modelo A.1, Columna 3

Sismo	T
0	0
20	8,64E-05
40	1,63E-04
60	2,19E-04
80	2,49E-04
90	2,53E-04
110	2,38E-04
130	1,94E-04
150	1,26E-04
170	4,39E-05
180	0,00E+00
200	-8,64E-05
220	-1,63E-04
240	-2,19E-04
260	-2,49E-04
270	-2,53E-04
290	-2,38E-04
310	-1,94E-04
330	-1,26E-04
350	-4,39E-05

Modelo A.1, Columna 2

Sismo	T
0	0
20	4,38E-04
40	8,23E-04
60	1,11E-03
80	1,26E-03
90	1,28E-03
110	1,20E-03
130	9,80E-04
150	6,40E-04
170	2,22E-04
180	0,00E+00
200	-4,38E-04
220	-8,23E-04
240	-1,11E-03
260	-1,26E-03
270	-1,28E-03
290	-1,20E-03
310	-9,80E-04
330	-6,40E-04
350	-2,22E-04

Modelo A.1, Columna 4

Sismo	T
0	0
20	4,38E-04
40	8,23E-04
60	1,11E-03
80	1,26E-03
90	1,28E-03
110	1,20E-03
130	9,80E-04
150	6,40E-04
170	2,22E-04
180	0,00E+00
200	-4,38E-04
220	-8,23E-04
240	-1,11E-03
260	-1,26E-03
270	-1,28E-03
290	-1,20E-03
310	-9,80E-04
330	-6,40E-04
350	-2,22E-04

Modelo A.1 C.E., Nodo 2

Sismo	Ux	Uy
0	-9,01E-04	0
20	-8,62E-04	-1,94E-04
40	-7,19E-04	-3,64E-04
60	-4,90E-04	-4,91E-04
80	-2,01E-04	-5,58E-04
90	-4,54E-05	-5,66E-04
110	2,66E-04	-5,32E-04
130	5,45E-04	-4,34E-04
150	7,58E-04	-2,83E-04
170	8,80E-04	-9,83E-05
180	9,01E-04	0,00E+00
200	8,62E-04	1,94E-04
220	7,19E-04	3,64E-04
240	4,90E-04	4,91E-04
260	2,01E-04	5,58E-04
270	4,54E-05	5,66E-04
290	-2,66E-04	5,32E-04
310	-5,45E-04	4,34E-04
330	-7,58E-04	2,83E-04
350	-8,80E-04	9,83E-05

Modelo A.1 C.E., Nodo 6

Sismo	Ux	Uy
0	-9,01E-04	0
20	-8,31E-04	-1,94E-04
40	-6,61E-04	-3,64E-04
60	-4,11E-04	-4,91E-04
80	-1,12E-04	-5,58E-04
90	4,54E-05	-5,66E-04
110	3,51E-04	-5,32E-04
130	6,14E-04	-4,34E-04
150	8,03E-04	-2,83E-04
170	8,95E-04	-9,83E-05
180	9,01E-04	0,00E+00
200	8,31E-04	1,94E-04
220	6,61E-04	3,64E-04
240	4,11E-04	4,91E-04
260	1,12E-04	5,58E-04
270	-4,54E-05	5,66E-04
290	-3,51E-04	5,32E-04
310	-6,14E-04	4,34E-04
330	-8,03E-04	2,83E-04
350	-8,95E-04	9,83E-05

Modelo A.1 C.E., Nodo 4

Sismo	Ux	Uy
0	-9,01E-04	0
20	-8,62E-04	-2,25E-04
40	-7,19E-04	-4,23E-04
60	-4,90E-04	-5,69E-04
80	-2,01E-04	-6,47E-04
90	-4,54E-05	-6,57E-04
110	2,66E-04	-6,18E-04
130	5,45E-04	-5,03E-04
150	7,58E-04	-3,29E-04
170	8,80E-04	-1,14E-04
180	9,01E-04	0,00E+00
200	8,62E-04	2,25E-04
220	7,19E-04	4,23E-04
240	4,90E-04	5,69E-04
260	2,01E-04	6,47E-04
270	4,54E-05	6,57E-04
290	-2,66E-04	6,18E-04
310	-5,45E-04	5,03E-04
330	-7,58E-04	3,29E-04
350	-8,80E-04	1,14E-04

Modelo A.1 C.E., Nodo 8

Sismo	Ux	Uy
0	-9,01E-04	0
20	-8,31E-04	-2,25E-04
40	-6,61E-04	-4,23E-04
60	-4,11E-04	-5,69E-04
80	-1,12E-04	-6,47E-04
90	4,54E-05	-6,57E-04
110	3,51E-04	-6,18E-04
130	6,14E-04	-5,03E-04
150	8,03E-04	-3,29E-04
170	8,95E-04	-1,14E-04
180	9,01E-04	0,00E+00
200	8,31E-04	2,25E-04
220	6,61E-04	4,23E-04
240	4,11E-04	5,69E-04
260	1,12E-04	6,47E-04
270	-4,54E-05	6,57E-04
290	-3,51E-04	6,18E-04
310	-6,14E-04	5,03E-04
330	-8,03E-04	3,29E-04
350	-8,95E-04	1,14E-04

Modelo A.1 C.E., Columna 1

Sismo	Mx	My
0	1,66	0
20	1,59	4,87E-01
40	1,33	9,16E-01
60	9,15E-01	1,23
80	3,85E-01	1,4
90	9,87E-02	1,42
110	-4,75E-01	1,34
130	-9,91E-01	1,09
150	-1,39	7,13E-01
170	-1,62	2,47E-01
180	-1,66	0
200	-1,59	-4,87E-01
220	-1,33	-9,16E-01
240	-9,15E-01	-1,23
260	-3,85E-01	-1,4
270	-9,87E-02	-1,42
290	4,75E-01	-1,34
310	9,91E-01	-1,09
330	1,39	-7,13E-01
350	1,62	-2,47E-01

Modelo A.1 C.E., Columna 3

Sismo	Mx	My
0	1,66	0
20	1,53	4,87E-01
40	1,21	9,16E-01
60	7,44E-01	1,23
80	1,91E-01	1,4
90	-9,87E-02	1,42
110	-6,60E-01	1,34
130	-1,14	1,09
150	-1,49	7,13E-01
170	-1,65	2,47E-01
180	-1,66	0
200	-1,53	-4,87E-01
220	-1,21	-9,16E-01
240	-7,44E-01	-1,23
260	-1,91E-01	-1,4
270	9,87E-02	-1,42
290	6,60E-01	-1,34
310	1,14	-1,09
330	1,49	-7,13E-01
350	1,65	-2,47E-01

Modelo A.1 C.E., Columna 2

Sismo	Mx	My
0	2,03	0
20	1,96	1,42
40	1,65	2,67
60	1,14	3,6
80	4,99E-01	4,09
90	1,49E-01	4,16
110	-5,55E-01	3,91
130	-1,19	3,19
150	-1,68	2,08
170	-1,97	7,22E-01
180	-2,03	0
200	-1,96	-1,42
220	-1,65	-2,67
240	-1,14	-3,6
260	-4,99E-01	-4,09
270	-1,49E-01	-4,16
290	5,55E-01	-3,91
310	1,19	-3,19
330	1,68	-2,08
350	1,97	-7,22E-01

Modelo A.1 C.E., Columna 4

Sismo	Mx	My
0	2,03	0
20	1,86	1,42
40	1,46	2,67
60	8,86E-01	3,6
80	2,06E-01	4,09
90	-1,49E-01	4,16
110	-8,35E-01	3,91
130	-1,42	3,19
150	-1,83	2,08
170	-2,03	7,22E-01
180	-2,03	0
200	-1,86	-1,42
220	-1,46	-2,67
240	-8,86E-01	-3,6
260	-2,06E-01	-4,09
270	1,49E-01	-4,16
290	8,35E-01	-3,91
310	1,42	-3,19
330	1,83	-2,08
350	2,03	-7,22E-01

Modelo A.1 C.E., Torsión C1

Sismo	T
0	0
20	-6,64E-03
40	-1,25E-02
60	-1,68E-02
80	-1,91E-02
90	-1,94E-02
110	-1,83E-02
130	-1,49E-02
150	-9,71E-03
170	-3,37E-03
180	0,00E+00
200	6,64E-03
220	1,25E-02
240	1,68E-02
260	1,91E-02
270	1,94E-02
290	1,83E-02
310	1,49E-02
330	9,71E-03
350	3,37E-03

Modelo A.1 C.E., Torsión C3

Sismo	T
0	0
20	-6,64E-03
40	-1,25E-02
60	-1,68E-02
80	-1,91E-02
90	-1,94E-02
110	-1,83E-02
130	-1,49E-02
150	-9,71E-03
170	-3,37E-03
180	0,00E+00
200	6,64E-03
220	1,25E-02
240	1,68E-02
260	1,91E-02
270	1,94E-02
290	1,83E-02
310	1,49E-02
330	9,71E-03
350	3,37E-03

Modelo A.1 C.E., Torsión C2

Sismo	T
0	0
20	-3,36E-02
40	-6,32E-02
60	-8,52E-02
80	-9,68E-02
90	-9,83E-02
110	-9,24E-02
130	-7,53E-02
150	-4,92E-02
170	-1,71E-02
180	0,00E+00
200	3,36E-02
220	6,32E-02
240	8,52E-02
260	9,68E-02
270	9,83E-02
290	9,24E-02
310	7,53E-02
330	4,92E-02
350	1,71E-02

Modelo A.1 C.E., Torsión C4

Sismo	T
0	0
20	-3,36E-02
40	-6,32E-02
60	-8,52E-02
80	-9,68E-02
90	-9,83E-02
110	-9,24E-02
130	-7,53E-02
150	-4,92E-02
170	-1,71E-02
180	0,00E+00
200	3,36E-02
220	6,32E-02
240	8,52E-02
260	9,68E-02
270	9,83E-02
290	9,24E-02
310	7,53E-02
330	4,92E-02
350	1,71E-02

Modelo B, Nodo 2

Sismo	Ux	Uy
0	-5,29E-04	0
20	-4,98E-04	-1,82E-04
40	-4,06E-04	-3,43E-04
60	-2,65E-04	-4,62E-04
80	-9,23E-05	-5,25E-04
90	0,00E+00	-5,33E-04
110	1,81E-04	-5,01E-04
130	3,40E-04	-4,08E-04
150	4,58E-04	-2,67E-04
170	5,21E-04	-9,26E-05
180	5,29E-04	0,00E+00
200	4,98E-04	1,82E-04
220	4,06E-04	3,33E-04
240	2,65E-04	4,62E-04
260	9,23E-05	5,25E-04
270	0,00E+00	5,33E-04
290	-1,81E-04	5,01E-04
310	-3,40E-04	4,08E-04
330	-4,58E-04	2,67E-04
350	-5,21E-04	9,26E-05

Modelo B, Nodo 8

Sismo	Ux	Uy
0	-5,28E-04	0
20	-4,97E-04	-1,82E-04
40	-4,05E-04	-3,43E-04
60	-2,64E-04	-4,62E-04
80	-9,19E-05	-5,25E-04
90	0,00E+00	-5,33E-04
110	1,81E-04	-5,01E-04
130	3,40E-04	-4,08E-04
150	4,58E-04	-2,67E-04
170	5,20E-04	-9,26E-05
180	5,28E-04	0,00E+00
200	4,97E-04	1,82E-04
220	4,05E-04	3,33E-04
240	2,64E-04	4,62E-04
260	9,19E-05	5,25E-04
270	0,00E+00	5,33E-04
290	-1,81E-04	5,01E-04
310	-3,40E-04	4,08E-04
330	-4,58E-04	2,67E-04
350	-5,20E-04	9,26E-05

Modelo B, Nodo 6

Sismo	Ux	Uy
0	-5,29E-04	0
20	-4,98E-04	-1,83E-04
40	-4,06E-04	-3,44E-04
60	-2,65E-04	-4,62E-04
80	-9,23E-05	-5,25E-04
90	0,00E+00	-5,33E-04
110	1,81E-04	-5,01E-04
130	3,40E-04	-4,08E-04
150	4,58E-04	-2,66E-04
170	5,21E-04	-9,16E-05
180	5,29E-04	0,00E+00
200	4,98E-04	1,83E-04
220	4,06E-04	3,34E-04
240	2,65E-04	4,62E-04
260	9,23E-05	5,25E-04
270	0,00E+00	5,33E-04
290	-1,81E-04	5,01E-04
310	-3,40E-04	4,08E-04
330	-4,58E-04	2,66E-04
350	-5,21E-04	9,16E-05

Modelo B, Columna 1

Sismo	Mx	My
0	1,26	2,62E-04
20	1,18	4,22E-01
40	9,63E-01	7,92E-01
60	6,29E-01	1,07
80	2,19E-01	1,21
90	1,24E-03	1,23
110	-4,29E-01	1,16
130	-8,07E-01	9,43E-01
150	-1,09	6,16E-01
170	-1,24	2,14E-01
180	-1,26	-2,62E-04
200	-1,18	-4,22E-01
220	-9,63E-01	-7,70E-01
240	-6,29E-01	-1,07
260	-2,19E-01	-1,21
270	-1,24E-03	-1,23
290	4,29E-01	-1,16
310	8,07E-01	-9,43E-01
330	1,09	-6,16E-01
350	1,24	-2,14E-01

Modelo B, Columna 4

Sismo	Mx	My
0	2,77	-2,39E-03
20	2,61	9,12E-01
40	2,12	1,72
60	1,39	2,31
80	4,81E-01	2,63
90	-8,87E-04	2,67
110	-9,50E-01	2,51
130	-1,78	2,05
150	-2,4	1,34
170	-2,73	4,67E-01
180	-2,77	2,39E-03
200	-2,61	-9,12E-01
220	-2,12	-1,67
240	-1,39	-2,31
260	-4,81E-01	-2,63
270	8,87E-04	-2,67
290	9,50E-01	-2,51
310	1,78	-2,05
330	2,4	-1,34
350	2,73	-4,67E-01

Modelo B, Columna 3

Sismo	Mx	My
0	1,26	2,62E-03
20	1,18	4,64E-01
40	9,66E-01	8,70E-01
60	6,31E-01	1,17
80	2,20E-01	1,33
90	1,72E-03	1,35
110	-4,29E-01	1,27
130	-8,08E-01	1,03
150	-1,09	6,73E-01
170	-1,24	2,32E-01
180	-1,26	-2,62E-03
200	-1,18	-4,64E-01
220	-9,66E-01	-8,46E-01
240	-6,31E-01	-1,17
260	-2,20E-01	-1,33
270	-1,72E-03	-1,35
290	4,29E-01	-1,27
310	8,08E-01	-1,03
330	1,09	-6,73E-01
350	1,24	-2,32E-01

Modelo B, Torsión Columna 1

Sismo	T
0	-1,25E-04
20	-1,29E-04
40	-1,17E-04
60	-9,06E-05
80	-5,36E-05
90	-3,23E-05
110	1,25E-05
130	5,58E-05
150	9,23E-05
170	1,18E-04
180	1,25E-04
200	1,29E-04
220	1,16E-04
240	9,06E-05
260	5,36E-05
270	3,23E-05
290	-1,25E-05
310	-5,58E-05
330	-9,23E-05
350	-1,18E-04

Modelo B, Torsión Columna 4

Sismo	T
0	-6,34E-04
20	-6,52E-04
40	-5,91E-04
60	-4,59E-04
80	-2,71E-04
90	-1,64E-04
110	6,31E-05
130	2,82E-04
150	4,67E-04
170	5,96E-04
180	6,34E-04
200	6,52E-04
220	5,88E-04
240	4,59E-04
260	2,71E-04
270	1,64E-04
290	-6,31E-05
310	-2,82E-04
330	-4,67E-04
350	-5,96E-04

Modelo B, Torsión Columna 3

Sismo	T
0	-1,25E-04
20	-1,29E-04
40	-1,17E-04
60	-9,06E-05
80	-5,36E-05
90	-3,23E-05
110	1,25E-05
130	5,58E-05
150	9,23E-05
170	1,18E-04
180	1,25E-04
200	1,29E-04
220	1,16E-04
240	9,06E-05
260	5,36E-05
270	3,23E-05
290	-1,25E-05
310	-5,58E-05
330	-9,23E-05
350	-1,18E-04

Modelo C, Nodo2

Sismo	Ux	Uy
0	-5,32E-04	0
20	-5,00E-04	-1,78E-04
40	-4,08E-04	-3,35E-04
60	-2,66E-04	-4,51E-04
80	-9,23E-05	-5,13E-04
90	0,00E+00	-5,21E-04
110	1,82E-04	-4,90E-04
130	3,42E-04	-3,99E-04
150	4,61E-04	-2,61E-04
170	5,24E-04	-9,06E-05
180	5,32E-04	0
200	5,00E-04	1,78E-04
220	4,08E-04	3,35E-04
240	2,66E-04	4,51E-04
260	9,23E-05	5,13E-04
270	0,00E+00	5,21E-04
290	-1,82E-04	4,90E-04
310	-3,42E-04	3,99E-04
330	-4,61E-04	2,61E-04
350	-5,24E-04	9,06E-05

Modelo C, Nodo 19

Sismo	Ux	Uy
0	-5,32E-04	0
20	-5,00E-04	-1,78E-04
40	-4,08E-04	-3,35E-04
60	-2,66E-04	-4,51E-04
80	-9,27E-05	-5,13E-04
90	0,00E+00	-5,21E-04
110	1,82E-04	-4,90E-04
130	3,42E-04	-3,99E-04
150	4,60E-04	-2,61E-04
170	5,24E-04	-9,06E-05
180	5,32E-04	0,00E+00
200	5,00E-04	1,78E-04
220	4,08E-04	3,35E-04
240	2,66E-04	4,51E-04
260	9,27E-05	5,13E-04
270	0,00E+00	5,21E-04
290	-1,82E-04	4,90E-04
310	-3,42E-04	3,99E-04
330	-4,60E-04	2,61E-04
350	-5,24E-04	9,06E-05

Modelo C, Nodo 6

Sismo	Ux	Uy
0	-5,32E-04	0
20	-5,00E-04	-1,78E-04
40	-4,08E-04	-3,35E-04
60	-2,66E-04	-4,51E-04
80	-9,23E-05	-5,13E-04
90	0,00E+00	-5,21E-04
110	1,82E-04	-4,89E-04
130	3,42E-04	-3,99E-04
150	4,61E-04	-2,60E-04
170	5,24E-04	-9,01E-05
180	5,32E-04	0,00E+00
200	5,00E-04	1,78E-04
220	4,08E-04	3,35E-04
240	2,66E-04	4,51E-04
260	9,23E-05	5,13E-04
270	0,00E+00	5,21E-04
290	-1,82E-04	4,89E-04
310	-3,42E-04	3,99E-04
330	-4,61E-04	2,60E-04
350	-5,24E-04	9,01E-05

Modelo C, Columna 1

Sismo	Mx	My
0	1,27	-2,96E-04
20	1,19	4,31E-01
40	9,71E-01	8,10E-01
60	6,34E-01	1,09
80	2,20E-01	1,24
90	-3,95E-04	1,26
110	-4,34E-01	1,18
130	-8,16E-01	9,65E-01
150	-1,1	6,30E-01
170	-1,25	2,19E-01
180	-1,27	2,96E-04
200	-1,19	-4,31E-01
220	-9,71E-01	-8,10E-01
240	-6,34E-01	-1,09
260	-2,20E-01	-1,24
270	3,95E-04	-1,26
290	4,34E-01	-1,18
310	8,16E-01	-9,65E-01
330	1,1	-6,30E-01
350	1,25	-2,19E-01

Modelo C, Columna 16

Sismo	Mx	My
0	1,36	-2,66E-04
20	1,28	4,30E-01
40	1,04	8,09E-01
60	6,80E-01	1,09
80	2,37E-01	1,24
90	9,84E-04	1,26
110	-4,64E-01	1,18
130	-8,73E-01	9,65E-01
150	-1,18	6,30E-01
170	-1,34	2,19E-01
180	-1,36	2,66E-04
200	-1,28	-4,30E-01
220	-1,04	-8,09E-01
240	-6,80E-01	-1,09
260	-2,37E-01	-1,24
270	-9,84E-04	-1,26
290	4,64E-01	-1,18
310	8,73E-01	-9,65E-01
330	1,18	-6,30E-01
350	1,34	-2,19E-01

Modelo C, Columna 3

Sismo	Mx	My
0	1,27	9,86E-04
20	1,19	4,53E-01
40	9,71E-01	8,51E-01
60	6,34E-01	1,15
80	2,20E-01	1,3
90	1,79E-04	1,32
110	-4,33E-01	1,24
130	-8,15E-01	1,01
150	-1,1	6,60E-01
170	-1,25	2,29E-01
180	-1,27	-9,86E-04
200	-1,19	-4,53E-01
220	-9,71E-01	-8,51E-01
240	-6,34E-01	-1,15
260	-2,20E-01	-1,3
270	-1,79E-04	-1,32
290	4,33E-01	-1,24
310	8,15E-01	-1,01
330	1,1	-6,60E-01
350	1,25	-2,29E-01

Modelo C, Torsión Columna 1

Sismo	T
0	-5,64E-05
20	-3,82E-05
40	-1,53E-05
60	9,39E-06
80	3,30E-05
90	4,34E-05
110	6,01E-05
130	6,95E-05
150	7,06E-05
170	6,31E-05
180	5,64E-05
200	3,82E-05
220	1,53E-05
240	-9,39E-06
260	-3,30E-05
270	-4,34E-05
290	-6,01E-05
310	-6,95E-05
330	-7,06E-05
350	-6,31E-05

Modelo C, Torsión Columna 16

Sismo	T
0	-5,64E-05
20	-3,82E-05
40	-1,53E-05
60	9,39E-06
80	3,30E-05
90	4,34E-05
110	6,01E-05
130	6,95E-05
150	7,06E-05
170	6,31E-05
180	5,64E-05
200	3,82E-05
220	1,53E-05
240	-9,39E-06
260	-3,30E-05
270	-4,34E-05
290	-6,01E-05
310	-6,95E-05
330	-7,06E-05
350	-6,31E-05

Modelo C, Torsión Columna 3

Sismo	T
0	-5,64E-05
20	-3,82E-05
40	-1,53E-05
60	9,39E-06
80	3,30E-05
90	4,34E-05
110	6,01E-05
130	6,95E-05
150	7,06E-05
170	6,31E-05
180	5,64E-05
200	3,82E-05
220	1,53E-05
240	-9,39E-06
260	-3,30E-05
270	-4,34E-05
290	-6,01E-05
310	-6,95E-05
330	-7,06E-05
350	-6,31E-05

Modelo C.1, Nodo 2

Sismo	Ux	Uy
0	-5,29E-04	-2,95E-06
20	-4,98E-04	-1,80E-04
40	-4,07E-04	-3,36E-04
60	-2,67E-04	-4,50E-04
80	-9,45E-05	-5,11E-04
90	-2,80E-06	-5,18E-04
110	1,78E-04	-4,86E-04
130	3,38E-04	-3,95E-04
150	4,56E-04	-2,57E-04
170	5,20E-04	-8,71E-05
180	5,29E-04	2,95E-06
200	4,98E-04	1,80E-04
220	4,07E-04	3,36E-04
240	2,67E-04	4,50E-04
260	9,45E-05	5,11E-04
270	2,80E-06	5,18E-04
290	-1,78E-04	4,86E-04
310	-3,38E-04	3,95E-04
330	-4,56E-04	2,57E-04
350	-5,20E-04	8,71E-05

Modelo C.1, Nodo 19

Sismo	Ux	Uy
0	-5,28E-04	-2,95E-06
20	-4,98E-04	-1,80E-04
40	-4,07E-04	-3,36E-04
60	-2,67E-04	-4,50E-04
80	-9,51E-05	-5,11E-04
90	-3,42E-06	-5,18E-04
110	1,77E-04	-4,86E-04
130	3,37E-04	-3,95E-04
150	4,56E-04	-2,57E-04
170	5,20E-04	-8,71E-05
180	5,28E-04	2,95E-06
200	4,98E-04	1,80E-04
220	4,07E-04	3,36E-04
240	2,67E-04	4,50E-04
260	9,51E-05	5,11E-04
270	3,42E-06	5,18E-04
290	-1,77E-04	4,86E-04
310	-3,37E-04	3,95E-04
330	-4,56E-04	2,57E-04
350	-5,20E-04	8,71E-05

Modelo C.1, Nodo 6

Sismo	Ux	Uy
0	-5,29E-04	-3,26E-06
20	-4,98E-04	-1,80E-04
40	-4,07E-04	-3,36E-04
60	-2,67E-04	-4,50E-04
80	-9,45E-05	-5,11E-04
90	-2,80E-06	-5,18E-04
110	1,78E-04	-4,86E-04
130	3,38E-04	-3,95E-04
150	4,56E-04	-2,56E-04
170	5,20E-04	-8,67E-05
180	5,29E-04	3,26E-06
200	4,98E-04	1,80E-04
220	4,07E-04	3,36E-04
240	2,67E-04	4,50E-04
260	9,45E-05	5,11E-04
270	2,80E-06	5,18E-04
290	-1,78E-04	4,86E-04
310	-3,38E-04	3,95E-04
330	-4,56E-04	2,56E-04
350	-5,20E-04	8,67E-05

Modelo C.1, Columna 1

Sismo	Mx	My
0	1,26	7,47E-03
20	1,19	4,35E-01
40	9,69E-01	8,11E-01
60	6,35E-01	1,09
80	2,25E-01	1,23
90	6,80E-03	1,25
110	-4,24E-01	1,17
130	-8,04E-01	9,55E-01
150	-1,09	6,20E-01
170	-1,24	2,10E-01
180	-1,26	-7,47E-03
200	-1,19	-4,35E-01
220	-9,69E-01	-8,11E-01
240	-6,35E-01	-1,09
260	-2,25E-01	-1,23
270	-6,80E-03	-1,25
290	4,24E-01	-1,17
310	8,04E-01	-9,55E-01
330	1,09	-6,20E-01
350	1,24	-2,10E-01

Modelo C.1, Columna 16

Sismo	Mx	My
0	1,44	-8,33E-02
20	1,33	3,83E-01
40	1,06	8,04E-01
60	6,57E-01	1,13
80	1,77E-01	1,31
90	-7,53E-02	1,35
110	-5,65E-01	1,3
130	-9,86E-01	1,09
150	-1,29	7,47E-01
170	-1,44	3,16E-01
180	-1,44	8,33E-02
200	-1,33	-3,83E-01
220	-1,06	-8,04E-01
240	-6,57E-01	-1,13
260	-1,77E-01	-1,31
270	7,53E-02	-1,35
290	5,65E-01	-1,3
310	9,86E-01	-1,09
330	1,29	-7,47E-01
350	1,44	-3,16E-01

Modelo C.1, Columna 3

Sismo	Mx	My
0	1,26	7,92E-03
20	1,19	4,57E-01
40	9,69E-01	8,52E-01
60	6,36E-01	1,14
80	2,26E-01	1,3
90	7,28E-03	1,31
110	-4,24E-01	1,23
130	-8,04E-01	1
150	-1,09	6,51E-01
170	-1,24	2,21E-01
180	-1,26	-7,92E-03
200	-1,19	-4,57E-01
220	-9,69E-01	-8,52E-01
240	-6,36E-01	-1,14
260	-2,26E-01	-1,3
270	-7,28E-03	-1,31
290	4,24E-01	-1,23
310	8,04E-01	-1
330	1,09	-6,51E-01
350	1,24	-2,21E-01

Modelo C.1, Torsión Columna 1

Sismo	T
0	-3,95E-05
20	-1,92E-05
40	3,39E-06
60	2,56E-05
80	4,47E-05
90	5,24E-05
110	6,27E-05
130	6,55E-05
150	6,04E-05
170	4,80E-05
180	3,95E-05
200	1,92E-05
220	-3,39E-06
240	-2,56E-05
260	-4,47E-05
270	-5,24E-05
290	-6,27E-05
310	-6,55E-05
330	-6,04E-05
350	-4,80E-05

Modelo C.1, Torsión Columna 16

Sismo	T
0	-3,95E-05
20	-1,92E-05
40	3,39E-06
60	2,56E-05
80	4,47E-05
90	5,24E-05
110	6,27E-05
130	6,55E-05
150	6,04E-05
170	4,80E-05
180	3,95E-05
200	1,92E-05
220	-3,39E-06
240	-2,56E-05
260	-4,47E-05
270	-5,24E-05
290	-6,27E-05
310	-6,55E-05
330	-6,04E-05
350	-4,80E-05

Modelo C.1, Torsión Columna 3

Sismo	T
0	-3,95E-05
20	-1,92E-05
40	3,39E-06
60	2,56E-05
80	4,47E-05
90	5,24E-05
110	6,27E-05
130	6,55E-05
150	6,04E-05
170	4,80E-05
180	3,95E-05
200	1,92E-05
220	-3,39E-06
240	-2,56E-05
260	-4,47E-05
270	-5,24E-05
290	-6,27E-05
310	-6,55E-05
330	-6,04E-05
350	-4,80E-05

Modelo C.2, Nodo1

Sismo	Ux	Uy
0	-5,25E-04	-7,34E-05
20	-5,19E-04	-3,07E-04
40	-4,49E-04	-5,04E-04
60	-3,26E-04	-6,40E-04
80	-1,63E-04	-6,99E-04
90	-7,27E-05	-6,97E-04
110	1,11E-04	-6,30E-04
130	2,82E-04	-4,87E-04
150	4,19E-04	-2,85E-04
170	5,05E-04	-4,87E-05
180	5,25E-04	7,34E-05
200	5,19E-04	3,07E-04
220	4,49E-04	5,04E-04
240	3,26E-04	6,40E-04
260	1,63E-04	6,99E-04
270	7,27E-05	6,97E-04
290	-1,11E-04	6,30E-04
310	-2,82E-04	4,87E-04
330	-4,19E-04	2,85E-04
350	-5,05E-04	4,87E-05

Modelo C.2, Nodo 7

Sismo	Ux	Uy
0	-5,25E-04	-7,21E-05
20	-5,18E-04	-3,06E-04
40	-4,49E-04	-5,03E-04
60	-3,25E-04	-6,40E-04
80	-1,63E-04	-6,99E-04
90	-7,28E-05	-6,97E-04
110	1,11E-04	-6,30E-04
130	2,82E-04	-4,87E-04
150	4,18E-04	-2,86E-04
170	5,04E-04	-4,99E-05
180	5,25E-04	7,21E-05
200	5,18E-04	3,06E-04
220	4,49E-04	5,03E-04
240	3,25E-04	6,40E-04
260	1,63E-04	6,99E-04
270	7,28E-05	6,97E-04
290	-1,11E-04	6,30E-04
310	-2,82E-04	4,87E-04
330	-4,18E-04	2,86E-04
350	-5,04E-04	4,99E-05

Modelo C.2, Nodo 3

Sismo	Ux	Uy
0	-5,25E-04	-7,29E-05
20	-5,19E-04	-3,07E-04
40	-4,49E-04	-5,04E-04
60	-3,26E-04	-6,40E-04
80	-1,63E-04	-6,99E-04
90	-7,27E-05	-6,97E-04
110	1,11E-04	-6,30E-04
130	2,82E-04	-4,87E-04
150	4,19E-04	-2,85E-04
170	5,05E-04	-4,92E-05
180	5,25E-04	7,29E-05
200	5,19E-04	3,07E-04
220	4,49E-04	5,04E-04
240	3,26E-04	6,40E-04
260	1,63E-04	6,99E-04
270	7,27E-05	6,97E-04
290	-1,11E-04	6,30E-04
310	-2,82E-04	4,87E-04
330	-4,19E-04	2,85E-04
350	-5,05E-04	4,92E-05

Modelo C.2, Columna 14

Sismo	Mx	My
0	1,31	-1,11E-01
20	1,18	2,53E-01
40	9,16E-01	5,87E-01
60	5,38E-01	8,50E-01
80	9,61E-02	1,01
90	-1,33E-01	1,05
110	-5,72E-01	1,02
130	-9,42E-01	8,72E-01
150	-1,2	6,19E-01
170	-1,31	2,91E-01
180	-1,31	1,11E-01
200	-1,18	-2,53E-01
220	-9,16E-01	-5,87E-01
240	-5,38E-01	-8,50E-01
260	-9,61E-02	-1,01
270	1,33E-01	-1,05
290	5,72E-01	-1,02
310	9,42E-01	-8,72E-01
330	1,2	-6,19E-01
350	1,31	-2,91E-01

Modelo C.2, Columna 21

Sismo	Mx	My
0	1,36	-9,01E-02
20	1,26	2,59E-01
40	1,01	5,77E-01
60	6,31E-01	8,26E-01
80	1,80E-01	9,74E-01
90	-5,78E-02	1,01
110	-5,20E-01	9,75E-01
130	-9,21E-01	8,28E-01
150	-1,21	5,81E-01
170	-1,35	2,63E-01
180	-1,36	9,01E-02
200	-1,26	-2,59E-01
220	-1,01	-5,77E-01
240	-6,31E-01	-8,26E-01
260	-1,80E-01	-9,74E-01
270	5,78E-02	-1,01
290	5,20E-01	-9,75E-01
310	9,21E-01	-8,28E-01
330	1,21	-5,81E-01
350	1,35	-2,63E-01

Modelo C.2, Columna 17

Sismo	Mx	My
0	1,3	-1,05E-01
20	1,19	2,42E-01
40	9,34E-01	5,59E-01
60	5,64E-01	8,09E-01
80	1,26E-01	9,62E-01
90	-1,02E-01	9,95E-01
110	-5,42E-01	9,71E-01
130	-9,17E-01	8,30E-01
150	-1,18	5,89E-01
170	-1,3	2,76E-01
180	-1,3	1,05E-01
200	-1,19	-2,42E-01
220	-9,34E-01	-5,59E-01
240	-5,64E-01	-8,09E-01
260	-1,26E-01	-9,62E-01
270	1,02E-01	-9,95E-01
290	5,42E-01	-9,71E-01
310	9,17E-01	-8,30E-01
330	1,18	-5,89E-01
350	1,3	-2,76E-01

Modelo C.2, Torsión Columna 14

Sismo	T
0	-6,34E-05
20	-5,78E-05
40	-4,52E-05
60	-2,72E-05
80	-5,91E-06
90	5,17E-06
110	2,65E-05
130	4,47E-05
150	5,75E-05
170	6,33E-05
180	6,34E-05
200	5,78E-05
220	4,52E-05
240	2,72E-05
260	5,91E-06
270	-5,17E-06
290	-2,65E-05
310	-4,47E-05
330	-5,75E-05
350	-6,33E-05

Modelo C.2, Torsión Columna 21

Sismo	T
0	-6,34E-05
20	-5,78E-05
40	-4,52E-05
60	-2,72E-05
80	-5,91E-06
90	5,17E-06
110	2,65E-05
130	4,47E-05
150	5,75E-05
170	6,33E-05
180	6,34E-05
200	5,78E-05
220	4,52E-05
240	2,72E-05
260	5,91E-06
270	-5,17E-06
290	-2,65E-05
310	-4,47E-05
330	-5,75E-05
350	-6,33E-05

Modelo C.2, Torsión Columna 17

Sismo	T
0	-6,34E-05
20	-5,78E-05
40	-4,52E-05
60	-2,72E-05
80	-5,91E-06
90	5,17E-06
110	2,65E-05
130	4,47E-05
150	5,75E-05
170	6,33E-05
180	6,34E-05
200	5,78E-05
220	4,52E-05
240	2,72E-05
260	5,91E-06
270	-5,17E-06
290	-2,65E-05
310	-4,47E-05
330	-5,75E-05
350	-6,33E-05