

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones obtenidas después de realizar el estudio completo cuando se tienen edificios abiertos con y sin aisladores de base elastoméricos.

Además se indican ciertas recomendaciones que se dan cuando se usa este tipo de dispositivo de aislamiento; Ya que en nuestro país es importante empezar a utilizar este tipo de dispositivos para disminuir el riesgo sísmico que tenemos por nuestra ubicación geográfica.

6.1 CONCLUSIONES

- Previo al diseño estructural de cualquier tipo de edificación, en especial los edificios abiertos; es obligación del ingeniero estructural considerar la gran rigidez que causa la presencia de la mampostería en las paredes de colindancia, ya que en los pórticos que forman parte de estas paredes la mampostería abarca el 100 % por la ausencia de ventanas, puertas y balcones; al momento de que no se toma en cuenta ésta mampostería; automáticamente el análisis determinará que la edificación es completamente simétrica provocando que las fuerzas y desplazamientos laterales sean exactamente iguales en todos los pórticos sea cual sea el sentido de análisis de la estructura.
- En edificios abiertos la presencia de la mampostería modifica notablemente el comportamiento de este tipo de estructura, ya que el efecto de torsión causará la falla inmediata de las columnas en los pórticos que se consideran como débiles es decir, los que poseen gran cantidad de ventanales. Al momento de presentarse un sismo el centro de rigidez se desplazará hacia una ubicación muy cercana a los pórticos considerados como fuertes, provocando el efecto de torsión ya que las fuerzas sísmicas que actúan en el centro de rigidez traerán consigo desplazamientos horizontales y como consecuencia el colapso de la edificación.
- En este trabajo de investigación se comprobó que el método de cálculo de la excentricidad estática en los diferentes casos de análisis cumplió con lo que se esperaba obtener, por tal motivo; se comprueba que éste método es el adecuado cuando se desee analizar estructuras de cualquier tipo en las cuales existan indicios de problemas de torsión en caso de presentarse fuerzas dinámicas. Uno de estos indicios es la errónea disposición de la mampostería en planta o también la mala ubicación de muros de corte en la edificación.
- El estudio paramétrico que trabaja con dos grados de libertad en la planta y considera estructuras monosimétricas es un excelente modelo para el estudio de la torsión. Para este proyecto se obtuvieron los valores de la excentricidad estática en cada una de las estructuras de análisis; con el valor de la

excentricidad estática normalizada en X , el modelo paramétrico nos permite determinar la respuesta en el tiempo de los desplazamientos en los pórticos extremos y centro de masa. Con estos valores se logró obtener los factores de amplificación torsional, los mismos que son un parámetro importante para determinar en cuanto se amplificaron los desplazamientos laterales de los pórticos con respecto al centro de masa, de cada uno de los casos de análisis.

- En lo que se refiere al parámetro que relaciona la frecuencia torsional / frecuencia traslacional los resultados obtenidos para los diferentes casos nos demostraron que a mientras menor relación de luz de losa α tengamos; el valor de la frecuencia torsional / frecuencia traslacional disminuirá y por tal motivo tendremos mayores problemas de torsión. Mientras más altos sean los valores de la frecuencia torsional la estructura tendrá menos problemas de torsión. Se puede concluir que las plantas más alargadas tendrán mayores problemas de torsión.
- En lo que corresponde a los valores de la excentricidad estática, se puede concluir que el centro de rigidez se acerca al centro de masa a medida que aumenta el número de pisos. Las excentricidades estáticas son sumamente altas en el sentido paralela a la dimensión más larga de la edificación por tal motivo mientras más alargada se la estructura tendrá mayores problemas de torsión.
- Los periodos de vibración obtenidos no superan el valor de 1 segundo, ya que este tiempo es muy pequeño para que una estructura complete un ciclo de movimiento.
- El valor de la frecuencia torsional / frecuencia traslacional para el sistema de aislamiento permanece constante para cada caso sin importar el número de pisos que tengan los edificios, este fenómeno se produce ya que en el sistema de aislamiento no existe excentricidad por tal motivo no hay problemas de torsión en el sistema de aislamiento.
- Con los factores de amplificación torsional obtenidos en los edificios abiertos se logró determinar que mientras más alargada o rectangular sea la edificación tendrá mayores problemas de torsión, ya que los desplazamientos en los

pórticos fuertes exceden a los desplazamientos en el centro de masa. Cabe resaltar que los desplazamientos en los pórticos débiles siempre serán los predominantes por sus altos valores y en la caso de presentarse una planta con tendencia a tener forma rectangular la amplificación crecerá con respecto al centro de masa, ocasionando también problemas de torsión en la estructura.

- Se implementó un sistema de aislamiento de base a cada uno de los edificios abiertos que se analizaron previamente y se comprobó que los aisladores elastoméricos reducen notablemente los desplazamientos laterales de las edificaciones; esto se verificó determinando factores de amplificación torsional en las estructuras con aislamiento de base, para luego realizar una comparación con los factores de amplificación obtenidos en los edificios abiertos sin sistema de aislamiento; dando como resultado una disminución en la amplificación de los desplazamientos en los pórticos extremos con respecto al centro de masa. Cabe resaltar que para implementar el sistema de aislamiento en cada una de las estructuras de análisis se determinaron nuevos valores de frecuencia torsional pero para el sistema de aislamiento tomando como valor de periodo objetivo 2 segundos para de esta forma reducir la aceleración sísmica a la que estaría sometido la estructura sin la presencia de los aisladores de base.
- Los factores de amplificación que se obtuvieron en edificios abiertos con y sin aisladores elastoméricos se describen a continuación; para el Caso 1 los factores de amplificación sin aislamiento para pórtico débil tiene un valor de 1, para pórtico fuerte los valores están entre -0.5 y -1 ; con aislamiento para pórtico débil el valor es de 0.1, para pórtico fuerte los valores están entre -0.2 y -0.7 . Para el Caso 2 los factores de amplificación sin aislamiento para pórtico débil los valores están entre 1.5 y 2, para pórtico fuerte los valores están entre -0.5 y -0.1 ; con aislamiento para pórtico débil los valores están entre de 0.05 y 0.15, para pórtico fuerte los valores están entre -0.1 y -0.15 . Para el Caso 3 los factores de amplificación sin aislamiento para pórtico débil los valores están entre 2.5 y 3, para pórtico fuerte los valores están entre 0.5 y 1.5; con aislamiento para pórtico débil los valores están entre de 0.05 y 0.15, para

pórtico fuerte los valores están entre 0.05 y -0.10 . Para el Caso 4 los factores de amplificación sin aislamiento para pórtico débil los valores están entre 2 y 2.5, para pórtico fuerte los valores están entre 0 y 0.5; con aislamiento para pórtico débil los valores están entre de 0.05 y 0.1, para pórtico fuerte los valores están entre -0.05 y -0.1 . Para el Caso 5 los factores de amplificación sin aislamiento para pórtico débil los valores están entre 1.5 y 1, para pórtico fuerte los valores están entre 0 y -0.5 ; con aislamiento para pórtico débil los valores están entre de 0.05 y 0.15, para pórtico fuerte los valores están entre -0.15 y -0.25 . Luego de observar todos estos valores se puede concluir que la disminución de los factores de amplificación se debió a la implementación de los aisladores elastoméricos.

- El modelo de cuatro grados de libertad; dos en la superestructura y dos en el sistema de aislamiento; es ideal para analizar estructuras con la presencia de aisladores de base elastoméricos, ya que se considera que no existe excentricidad estática en el sistema de aislación por tal motivo en la planta de aislación el centro de masa coincide con el centro de rigidez.
- En lo que corresponde a los desplazamientos obtenidos para los 5 casos de análisis se puede concluir que para los pórticos débiles los desplazamientos en estructuras sin aislamiento han disminuido en un 30 % aproximadamente al incorporar sistema de aislamiento a los edificios abiertos, para centro de masa los desplazamientos en estructuras sin aislamiento disminuyeron en un 40 % y para los pórticos fuertes los desplazamientos en estructuras disminuyeron en un 10 % al incorporar sistema de aislamiento.
- Para tener una mayor visión a nivel de fuerzas se realizó un análisis más profundo a la estructura con mayores problemas de torsión, la que resultó ser la edificación que su dimensión más larga es dos veces el valor de dimensión más corta. En este edificio abierto se presentaba el problema de que los desplazamientos en el pórtico fuerte eran mayores que los desplazamientos en el centro de masa, es decir que ante la acción de un sismo el colapso era inminente; pero con la implementación de un sistema de aislación se logró solucionar este problema. Cabe recalcar que todos los desplazamientos que se

obtuvieron son el último piso de cada estructura, por consiguiente se logró determinar los desplazamientos laterales en cada uno de los pisos de la estructura de análisis y además las fuerzas laterales equivalentes que actúan en los pórticos extremos y centro de masa en cada piso.

- Cuando se determinaron los desplazamientos en cada piso de la estructura caso 3; la variación de los desplazamientos entre cada piso es de 2 cm para edificios abiertos con sistema de aislamiento, pero en edificios abiertos sin sistema de aislamiento los desplazamientos varían de 6 a 10 cm entre cada piso.
- Las fuerzas laterales obtenidas en cada piso tienen una variación considerable; las fuerzas en edificios abiertos con aislamiento son aproximadamente 3 veces mayores que las fuerzas laterales en edificios sin aislamiento de base.
- Los factores de amplificación torsional obtenidos en cada piso para la estructura caso 3 nos muestran como disminuye la amplificación de desplazamientos de los pórticos extremos en relación al centro de masa cuando se incorpora aisladores de base a un edificio abierto. Para el edificio abierto sin aislamiento el valor de los factores de amplificación para pórtico débil es de 2.85 y para pórtico fuerte es de 0.98; para el edificio abierto con aislamiento el valor de los factores para pórtico débil es de 0.10 y para pórtico fuerte es de -0.057 .
- Es importante recalcar que la armadura que se obtuvo en edificios abiertos con aisladores de base, en las columnas de pórtico débil es mayor a la del centro de masa y pórtico fuerte; este resultado es importante ya que las columnas del pórtico débil siempre son las primeras en fallar cuando se presentan problemas de torsión en caso de que se presente un sismo.
- La armadura longitudinal de columnas para un edificio abierto se reduce en un 20% cuando se incorpora sistema de aislamiento.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se debe desarrollar investigaciones más detalladas y profundas acerca del aislamiento sísmico para poder actualizar los códigos y determinar hasta donde podremos reducir las exigencias normativas en el diseño de las estructuras aisladas.
- En un edificio con aislamiento sísmico, se debe cuidar hasta el último detalle en la conexión entre el edificio, el aislador y la cimentación, ya que debe existir un claro deslinde entre la cimentación y la superestructura.
- Nuestro país está ubicado en una zona de alto riesgo sísmico por lo que es recomendable que como ingenieros civiles tomemos en cuenta las ventajas que nos ofrece un sistema de aislamiento sísmico en cualquier tipo de edificación y puentes; para de esta manera reducir la vulnerabilidad que se pueda presentar en estructuras ante la acción de fuerzas dinámicas.
- Los ingenieros calculistas siempre deben analizar de manera detenida las estructuras antes de empezar su diseño; como por ejemplo la localización de la mampostería y de los muros de corte, ya que si éstos elementos que son incorporados al sistema estructural no tienen una adecuada distribución pueden ocasionar problemas de torsión en las edificaciones.
- Se recomienda que se efectúe una investigación en lo que respecta a la consideración de estructuras monosimétricas para el cálculo de la historia de desplazamientos en los pórticos extremos. La monosimetría considera una excentricidad estática en planta y el sismo actúa en un solo sentido como fue el caso de estudio de este proyecto, por tal motivo se recomienda se realice el planteamiento de estructuras bisimétricas en las cuales actúe el sismo en ambos sentidos para de esta manera se consideren las dos excentricidades tanto en X como Y al mismo tiempo.
- Es importante también destacar que no solamente la sección de acero se reduce con la presencia del sistema de aislamiento sísmico. En un estudio realizado por De La Llera J., Alvarez M., Lüders C., (2003) acerca del “NCh2745-2003 Análisis y Diseño de Edificios con Aislación Sísmica”, Pontificia Universidad Católica de Chile; determinaron que con la incorporación del

sistema de aislamiento sísmico en estructuras la disminución de las secciones estructurales está entre el 5 y el 10% en sección y hasta un 18% en la cantidad de refuerzo, representando una disminución en el costo de la edificación de alrededor del 5.20%. Estos porcentajes nos demuestran el ahorro que podemos tener al momento de diseñar y construir edificaciones con aislamiento de base.

- Con investigación y esfuerzo podremos en un futuro; incorporar poco a poco esta tecnología de aislamiento en estructuras nuevas y que verdaderamente necesiten la incorporación de aisladores como podrían ser hospitales, puentes, centrales de emergencia, etc.