



## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

#### RESUMEN

Como resultado de la modelación del Puente Norte 1 mediante secciones equivalentes y pesos específicos equivalentes (solo en estribo), previo al análisis sísmico del mismo (mediante elementos finitos), se realizaron las siguientes conclusiones las cuales aparecen siguiendo el orden que se presentó en los capítulos, así se hace referencia a la modelación del Estribo en sentido transversal, para hallar los desplazamientos que se generan a 0.60m de la base y a 7.20m de altura del estribo, aplicando el método de secciones y pesos específicos equivalentes, para luego de obtener dichos desplazamientos, hacer una comparación de los mismos. La Pila se modeló igualmente en sentido transversal, para lo cual se halló los desplazamientos y fuerzas horizontales aplicadas en los gdl 1, 5, 21 y 27. Al final se realizó un modelo en sentido longitudinal del Puente Norte 1, considerando los estribos, pila, pilotes, zapata de cimentación, aisladores, viga longitudinal, en donde se obtuvieron los desplazamientos y fuerzas en los gdl 3, 18, 70, 73 (correspondientes al estribo izquierdo) y los gdl 25, 48, 71, 74 (correspondientes a la pila).

## 6.1. CONCLUSIONES

- ✚ Al realizar el modelamiento del estribo en sentido transversal mediante secciones rectangulares equivalentes y pesos específicos equivalentes, aplicando el acelerograma del sismo de El Centro (1940), se llegó a determinar que los desplazamientos generados a los 7.20m de altura (punto más alto del estribo) son mayores que los desplazamientos originados a los 0.60m de altura, desde la base del estribo.
  
- ✚ Al realizar una comparación de los desplazamientos obtenidos mediante el modelamiento de secciones equivalentes (beq) y pesos específicos equivalentes ( $\gamma_{eq}$ ) en el estribo, se pudo observar que mediante el análisis de beq, los resultados obtenidos son menores y por ende causan menos daño a la estructura, que realizando el análisis con  $\gamma_{eq}$ . Realizando el análisis del estribo con sismo horizontal en sentido Y, se halló una diferencia de los valores de desplazamientos del 1.5%, mientras que en el análisis del estribo con sismo horizontal en sentido X, se halló una diferencia de los valores de desplazamientos del 3%.
  
- ✚ Mediante el método de las secciones equivalentes (beq) aplicado al análisis sísmico del estribo en sentido transversal, se pudo observar que en el Corte 2 del estribo visto en planta se generó una base equivalente mucho más grande que la del Corte 1 y 3. Esto debido a que en este tramo del estribo se apoyan los aisladores y las vigas del puente, por lo cual aquí se genera una mayor concentración de cargas, provenientes de la superestructura.



- ✚ Se realizó un modelo matemático utilizado para el análisis sísmico tanto de los pilotes como de la Pila (apoyo central), para lo cual se dividió en una cantidad de elementos finitos que coincida con las medidas reales, esto permite tener una mayor precisión en los resultados.
- ✚ Se modeló el apoyo central con elementos finitos tipo rectangular, la misma que fue analizada en sentido transversal; el desplazamiento obtenido en los pilotes es de 0.45 metros, para lo cual este resultó ser relativamente alto, debido a que la rigidez del suelo es baja, en cambio en la infraestructura prácticamente no hay desplazamientos, puesto que ésta es muy rígida. Los desplazamientos en la superestructura son casi cero debido a la presencia de los aisladores de base tipo “FPS”, los mismos que disipan la energía.
- ✚ Las fuerzas que se obtuvieron en la pila al aplicar un sismo compatible con el CEC2000 fueron bajas, la mayor fuerza se produce entre los pilotes y el cabezal, la menor fuerza se produce entre los aisladores y el tablero, dicha fuerza es de 22 toneladas aproximadamente lo que quiere decir que el tablero va estar seguro.
- ✚ Para el análisis sísmico del Puente Norte 1 en sentido longitudinal, se generó un sismo artificial compatible con el Espectro del Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC 2000); dicho sismo se generó para un periodo de retorno de 475 años.



- ✚ El último modelamiento realizado se basó en un análisis del puente norte 1 en sentido longitudinal, se modeló los pilotes, estribos, pila, aisladores y vigas. Para ello se llegó a determinar los desplazamientos y fuerzas localizados en los gdl 3,18, 70, 73, correspondientes al estribo y los gdl 25, 48, 71, 74, correspondientes a la pila. Aquí se pudo apreciar que los desplazamientos generados en los gdl 3,18, 25, 48 (correspondientes a la parte superior de los pilotes y donde se asientan los aisladores en el estribo ó pila) son más pequeños que los desplazamientos generados en los gdl 70, 73, 71, 74(ubicados entre el estribo ó pila y el tablero del puente).De aquí se puede decir que se generan pequeños desplazamientos en la infraestructura (pilotes, estribo ó pila), debido a que estos apoyos se diseñan para resistir cargas de la superestructura, por lo que es más rígido, mientras que la superestructura es más vulnerable a mayores desplazamientos.
- ✚ Con relación a la obtención de las fuerzas horizontales generadas en el estribo izquierdo del modelo antes mencionado, analizados en los gdl 3, 18, 70, 73, se llegó a determinar que la mayor fuerza fue de 42 Ton localizado en el gdl 3. En el caso de la Pila el modelo se analizó en los gdl 25, 48, 71, 74, obteniendo la mayor fuerza en el gdl 25, la misma que fue de 78 Ton. Estos valores se deben a que la infraestructura sufre un mayor impacto de sismo, razón por la cual los apoyos se diseñan para resistir toda la carga de la superestructura, mientras que las vigas sufren una carga más pequeña, esto debido a que el uso de los aisladores de base disipan la energía proveniente de un sismo, caso contrario de no haber dichos aisladores, las fuerzas hubieran sido más grandes, ocasionando daños significativos a la estructura del puente.



## 6.2. RECOMENDACIONES

- ✚ En el modelo matemático que se utilizó para el análisis es debido a que en el programa CEINCI LAB toma demasiado tiempo en correr, por esta razón solo se dividió en 36 elementos, se puede dividir en los elementos que uno considere necesarios.
  
- ✚ Se recomienda hacer un estudio más detallado del suelo ya que los datos obtenidos de las curvas carga deformación (P-y) no están completos lo cual nos limita para una mayor precisión de resultados.
  
- ✚ Se puede usar aisladores de base en las estructuras pero hay que tener muy en cuenta si nos va a funcionar ya que este depende del peso que va está soportando, esto dependería de un análisis más complejo del aislador.