



- **Discretización:** El comportamiento dinámico y estático de estructuras es comúnmente descrito mediante modelos discretizados, representa la continuidad dada por un conjunto de puntos denominados nudos, cada nudo puede moverse en cierta dirección por lo menos 6, cada componente corresponde a un grado de libertad, en ingeniería sísmica los modelos discretizados son básicamente elementos finitos (con técnicas de discretización similares) o son representados como sistemas de masa concentrada. Las masas concentradas son modelos donde se representa las masas distribuidas concentradas en los nudos generados.
- **Ductilidad:** Es una propiedad que presentan algunos materiales, los cuales, bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse plásticamente de manera sostenible sin romperse.

E

- **Elementos Finitos:** El método del elemento finito (MEF en español o FEM en inglés) es un método numérico para la resolución de ecuaciones diferenciales, utilizado en diversos problemas de ingeniería y física. El método se basa en dividir el cuerpo, estructura o dominio (medio continuo) sobre el que están definidas ciertas ecuaciones integrales que caracterizan el comportamiento físico del problema (figura 8.1), en una serie de subdominios no intersectantes entre sí denominados elementos finitos. El conjunto de elementos finitos forma una partición del dominio también llamada discretización. Dentro de cada elemento se distinguen una serie de puntos representativos llamados nodos. Dos nodos son adyacentes si pertenecen al mismo elemento finito, además, un nodo sobre la frontera de un elemento finito puede pertenecer a varios elementos. El conjunto de nodos considerando sus relaciones de adyacencia se conoce como malla. Los cálculos se realizan sobre una malla o discretización creada a partir del dominio con programas generadores de mallas, en una etapa previa a los cálculos que se denomina pre-proceso. De acuerdo con estas relaciones de adyacencia o conectividad se relaciona el valor de un conjunto de variables incógnitas definidas en cada nodo y denominadas grados de libertad. El conjunto de relaciones entre el valor de una determinada variable entre los nodos se puede escribir en forma de sistema de ecuaciones lineales (o linealizadas), la matriz de dicho sistema de ecuaciones se llama matriz de rigidez del sistema. El número de ecuaciones de dicho sistema es proporcional al número de nodos. Típicamente, el método del elemento finito se programa computacionalmente para calcular el campo de desplazamientos y, posteriormente, a través de relaciones cinemáticas y constitutivas, las deformaciones y tensiones respectivamente, cuando se trata de un problema de mecánica de sólidos deformables o más generalmente un problema de mecánica del medio continuo. El

método de los elementos finitos es muy usado debido a su generalidad y a la facilidad de introducir dominios de cálculo complejos (en dos o tres dimensiones). Además, el método es fácilmente adaptable a problemas de difusión del calor, de mecánica de fluidos para calcular campos de velocidades y presiones, o de campo electromagnético. Dada la imposibilidad práctica de encontrar la solución analítica de estos problemas, con frecuencia, en la práctica ingenieril, los métodos numéricos y, en particular, los elementos finitos se convierten en la única alternativa práctica de cálculo. Una importante propiedad del método es la convergencia, si se consideran particiones de elementos finitos sucesivamente más finas, la solución numérica calculada converge rápidamente hacia la solución exacta del sistema de ecuaciones

- **Esfuerzo cortante:** Fuerza interna que desarrolla un cuerpo como respuesta a una fuerza cortante y que es tangencial a la superficie sobre la que actúa. También llamado fuerza de cizallamiento.
- **Espectro de respuesta:**
En forma general, podemos definir espectro como un gráfico de la respuesta máxima (expresada en términos de desplazamiento, velocidad, aceleración, o cualquier otro parámetro de interés) que produce una acción dinámica determinada en una estructura u oscilador de un grado de libertad. En estos gráficos, se representa en abscisas el periodo propio de la estructura (o la frecuencia) y en ordenadas la respuesta máxima calculada para distintos factores de amortiguamiento
- **Espectro:** cualquier función de frecuencia o periodo.
- **Excitación:** Es el efecto producido por acciones dinámicas como pueden ser los: sismos, cargas sinusoidales, triangulares; o también como la transferencia de energía de un cuerpo en movimiento a otro, ya sea que este en reposo o movimiento

F

- **Factor de Participación Modal:** La relación de la influencia de un modo específico a los modos totales.
- **Factor de seguridad:** Es la razón calculada entre Resistencia Nominal/Resistencia Requerida.
- **Fatiga y Fractura: 1.** Se refiere a las restricciones sobre el rango de esfuerzos por efecto del camión de diseño. Notar que, en este caso, las especificaciones indican un factor de 0.75 para los efectos de la carga del camión.



- **Fragilidad:** Es la capacidad de un material de fracturarse debido a su escasa o nula deformación permanente. Por el contrario, los materiales dúctiles o tenaces se rompen tras sufrir acusadas deformaciones, generalmente de tipo plástico.
- **frecuencia natural:** Las frecuencias a las que vibra un sistema bajo vibración libre son las frecuencias naturales del sistema. Son propiedades del sistema dinámico que dependen de su distribución de masa y rigidez
- **fuerza axial:** Fuerza que actúa a lo largo del eje longitudinal de un miembro estructural aplicada al centroide de la sección transversal del mismo produciendo un esfuerzo uniforme. También llamada carga axial.
- **Factores: Resistencia, Servicio, Evento Extremo y Fatiga**
 - **Resistencia I:** Combinación de cargas básica que considera el uso del puente por vehículos normales, sin viento.
 - **Resistencia II**
 - Combinación de cargas referido al uso del puente por vehículos especiales de diseño especificados por el Propietario, vehículos de evaluación, o ambos, sin viento.
 - **Resistencia III:** Combinación de cargas considerando el viento. El proyectista considerará el valor de la velocidad del viento en la zona de ubicación del puente.
 - **Resistencia IV:** Combinación de cargas referido a relaciones muy altas entre las solicitaciones debidas a cargas permanentes y las debidas a carga viva.
 - **Resistencia V:** Combinación de cargas referido al uso del puente por vehículos normales con viento.
 - **Evento Extremo I:** Combinación de cargas que incluye sismos.
 - **Servicio I:** Combinación de cargas referido a la operación normal del puente con un viento adecuado a la velocidad de viento en el Perú, el cual será determinado por el Proyectista y todas las otras cargas con sus valores nominales.

Esta combinación se debe usar para el control del ancho de fisuras de las estructuras de concreto armado También se debe utilizar para el control de las deflexiones de las estructuras metálicas enterradas, revestimientos de túneles y tuberías termoplásticas.
 - **Servicio II:** Combinación de cargas cuya intención es controlar la fluencia de las estructuras de acero y el deslizamiento que provoca la carga vehicular en las conexiones de deslizamiento-crítico.
 - **Fatiga:** Combinación de cargas de fatiga y fractura que se relacionan con la carga vehicular repetitiva y las respuestas dinámicas bajo un único camión de diseño con la separación entre ejes especificada en el Artículo 3.6.1.4.1.



I

- **Inercia:** Propiedad de los cuerpos de mantener su estado, ya sea de reposo o movimiento si no es por la acción de una fuerza externa. Incapacidad de los cuerpos para salir del estado de reposo o movimiento.

L

- **La tensión (T):** Es la fuerza con que una cuerda o cable tenso tira de cualquier cuerpo unido a sus extremos. Cada tensión sigue la dirección del cable y el mismo sentido de la fuerza que lo tensa en el extremo contrario.

M

- **Masa:** (m); magnitud física con que medimos la cantidad de materia que contiene un cuerpo. Como tal, su unidad, según el Sistema Internacional de Unidades, es el kilogramo (kg)
- **Modelo estructural:** Es la representación física, mecánica y numérica de una estructura actual
- **Modo Natural:** Un modo natural de vibración corresponde a liberar en un sistema no amortiguado. 1er modo, 2º modo n y el modo de orden n representa el orden en el que se requiere menos energía para deformar la estructura.
- **Módulo de elasticidad:** Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material
- **momento:** Propiedad por la que una fuerza tiende a causar un movimiento de rotación a un cuerpo alrededor de un punto o una línea; su magnitud es equivalente al producto de la fuerza por la distancia perpendicular del punto de la línea de acción de la fuerza.

O

- **Oscilación:** Son de una amplitud mucho mayor; así, por ejemplo, al caminar, nuestras piernas oscilan. En las oscilaciones, en general, hay conversión de energías cinética en potencial gravitatoria y viceversa, mientras que en las vibraciones hay intercambio entre energía cinética y energía potencial elástica.

P

- **Parámetros Dinámicos:** Son aquellos que describen las magnitudes físicas constantes



- que describen el comportamiento de un sistema, se pueden clasificar, dependiendo de su naturaleza, en parámetros cinemáticos y dinámicos, Los parámetros cinemáticos definen la geometría del sistema.
- **Período Natural:** Un periodo natural es el tiempo que se necesita para vibrar libremente la estructura en el correspondiente un ciclo completo modo natural.
- **Propiedad intrínseca:** Las propiedades peculiares que caracterizan a cada una de las sustancias propias de ellas, permitiendo diferenciarse de otras.
- **Propiedades físicas:** Las propiedades físicas son aquellas que se pueden medir sin que se afecte la composición o la identidad de la sustancia o cuerpo.
- **propiedades mecánicas:** Son propiedades físicas que describen el comportamiento de un material sólido al aplicarle fuerzas de tracción, compresión y torsión existen distintas propiedades mecánicas, ellas son: tenacidad, dureza, plasticidad, ductilidad, maleabilidad, elasticidad, entre otras En este módulo desarrollaremos dos de ellas: elasticidad y plasticidad.
- **Propiedades modales:** Identifica propiedades como: las frecuencias naturales de cada modo, ratios de amortiguamiento, masa generalizada y rigidez
- **Puente Colgante:** Un puente colgante es un puente sostenido por un arco invertido formado por numerosos cables de acero (cable principal), del que se suspende el tablero del puente mediante tirantes verticales. Ei puente colgante es, igual que el arco, una estructura que resiste gracias a su forma: en este caso salva una determinada luz mediante un mecanismo resistente que funciona exclusivamente a tracción, evitando gracias a su flexibilidad, que aparezcan flexiones en él. Las fuerzas principales en un puente colgante son de tracción en los cables principales y de compresión en los pilares. Todas Las tuerzas en los pilares deben ser casi verticales y hacia abajo, y son estabilizadas por los cables principales. El rango óptimo es partir de 350m.

R

- **Resistencia:** Es un término que se aplica a la capacidad física que tiene un cuerpo de aguantar una fuerza de oposición por un tiempo determinado. Es una propiedad intrínseca del elemento, el cual le permite soportar y contrarrestar acciones sin sufrir daño o llegar al colapso.
- **Respuesta:** (Dato de salida), en términos de desplazamiento, velocidad o aceleración.
- **Rigidez:** es una medida de la resistencia a las deformaciones elásticas producidas por un material, contempla la capacidad de un elemento estructural para soportar esfuerzos sin



adquirir grandes deformaciones, la rigidez es la razón entre una fuerza aplicada y el desplazamiento obtenido por la aplicación de esa fuerza.

S

- **Señal:** Cualquier función expresada en términos de tiempo (expresada en gráficos llamados acelerogramas).
- **Sistema estructural:** Es un ensamblaje de miembros o elementos independientes para conformar un cuerpo único y cuyo objetivo es darle solución (cargas y forma) a un problema civil determinado. La manera de ensamblaje y el tipo de miembro ensamblado definen el comportamiento final de la estructura y constituyen diferentes sistemas estructurales. En algunos casos los elementos no se distinguen como individuales, sino que la estructura constituye en sí un sistema continuo como es el caso de domos, losas continuas o macizas y muros, y se analizan siguiendo los conceptos y principios básicos de la mecánica

T

- **Transientes:** Son un incremento repentino de gran magnitud en el nivel de vibración, de muy poca duración.

V

- **Varianza:** La varianza es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media. Formalmente se calcula como la suma de los residuos al cuadrado divididos entre el total de observaciones.
- **Vibración Ambiental:** La excitación por efectos ambientales considera la acción del medio ambiente. Estos efectos incluyen al tráfico vehicular sobre el puente, al viento, al oleaje y a los sismos. Las pruebas de vibración ambiental presentan varias ventajas sobre las pruebas de vibración ambiental producida por paso de vehículos, incluyendo que son más rápidas, menos costosas y no requieren que se interrumpa el tráfico vehicular
- **Vibración ambiental producida por paso de vehículos:** Una vibración ambiental producida por paso de vehículos ocurre con la aplicación de fuerzas externas al sistema, que le imponen una respuesta. Las vibraciones forzadas pueden ser periódicas o no. El movimiento periódico se repite a sí mismo en todas sus características después de un determinado intervalo de tiempo, denominado período.



- **Vibración:** Se dice que un cuerpo vibra cuando experimenta cambios, de tal modo que sus puntos oscilen sincrónicamente en torno a sus posiciones de equilibrio, sin que el campo cambie de lugar. Como otro concepto de vibración, se puede decir que es un intercambio de energía cinética en cuerpos con rigidez y masa finitas, el cual surge de una entrada de energía dependiente del tiempo.

Conclusiones

- **CONCLUSIÓN N°1:**

Se logró verificar la hipótesis general planteada para esta investigación que determina:

“Se logrará determinar la respuesta estructural, basado en la obtención de un modelo numérico con el método de elementos finitos (FEM), calibrado mediante mediciones experimentales de vibraciones para determinar la condición de respuesta estructural del Puente Colgante Cunyac en el año 2018”

ya que se pudo obtener un modelo numérico de elementos finitos que representa la estructura del puente Cunyac, el cual fue calibrado mediante vibraciones medidas directamente, y se pudo evaluar la evaluación y diagnósticos estructural actual del puente con los parámetros actuales

- **CONCLUSIÓN N°2:**

Se ha podido demostrar la primera sub-hipotesis, la cual indica:

“La estructura del Puente Cunyac es compatible con los planos de la ejecución del Proyecto”

la cual puede ser verificada, donde se pudo comprobar que la estructura presenta una variación promedio del 1.256 %, entre la estructura mostrada en los planos estructurales proporcionados, por la empresa Austriaca WAAGNER BIRÓ y las mediciones realizadas directamente de los elementos estructurales que conforman el puente colgante, este indicador sugiere que la estructura es compatible, lo cual garantiza que la estructura puede ser modelada numéricamente sin que este tenga alguna omisión o incorporación de algún elementos estructural que pueda alterar el comportamiento dinámico de la estructura.

- **CONCLUSIÓN N°3:**

Se logra demostrar la tercera sub-hipotesis que señala:



“Las frecuencias de vibración medidas directamente y a escala completa y procesada mediante la Transformada de Fourier, producidas por la acción de cargas ambientales sobre el Puente Cunyac se encuentran en el rango de 0.001 a 30 Hz.”

las frecuencias fundamentales del puente Cunyac están, las cuales presentan valores presentados en el ítem 4.1.1 obtenidos mediante vibración ambiental.

▪ **CONCLUSIÓN N°4:**

Queda demostrada la sub-hipotesis 03, que señala:

“Los valores de las funciones frecuencias de vibración natural analizadas mediante el Método de Elementos Finitos tipo 1D Viga y 3D, carga armónica distribuida, asociados a los cinco primeros modos de vibraciones tienen una diferencia de 20% con respecto a las frecuencias obtenidas en campo”

Las frecuencias de vibración obtenida mediante el método de elementos finitos que contempla la inclusión de elementos tipo 1D (frames y cables), y 2D (losa del puente), presenta la siguiente diferencia porcentual

▪ **CONCLUSIÓN N°5:**

De la cuarta sub-hipotesis, que señala:

“Las frecuencias de vibración asociadas a los 5 primeros modos de vibración obtenidos mediante el Método de Elementos Finitos (FEM), coinciden con las Frecuencias de vibración medidas directamente a escala completa en el Puente Cunyac”

La cual se demuestra parcialmente ya que solo, se pudo existir coincidencia en los 4 primeros modos de vibración.

▪ **CONCLUSIÓN N°6:**

El resultado de la evaluación de la estructura del puente bajo parámetros vigentes establecidos por la norma vigente AASHTO LRFD 2017 y el Manual de puentes 2018, el cual indica que la estructura del puente posee elementos estructurales que no cumplen con los parámetros de diseño actuales, incumpliendo la relación establecida en la ecuación(65):



- Respecto de la estructura que conforma la torre, las ratios debido a esfuerzos combinados de fuerza axial, cortante y momentos flectores, se encuentran en el rango de 0.72 para las columnas de la torre, 0.054 para arriostres horizontales y 0.41 para arriostres o bracing's diagonales.
- Respecto de la viga de rigidez se verifico que las ratios debido a esfuerzos combinados, poseen la ratio mayor dentro de la estructura global, poseyendo un valor de 16.575 en el arriostre diagonal horizontal ubicado en los extremos de la viga de rigidez. para fuerzas axiales los elementos de los tramos ubicados en el 25% y 75% de la luz poseen una ratio de 3.15 y 2.86 para las bridas superiores e inferiores.
- siendo críticos las bridas superiores de la estructura, arriostres diagonales extremos a cada lado de la viga de rigidez, además es necesario mencionar que la verificación por esfuerzos admisibles de los cables, dio indicadores de factores de seguridad que están por debajo de las recomendaciones establecidas en según; American Iron and Steel Institute, "Manual for Structural Applications of Steel Cables for buildings", el cual recomienda un Factor de Seguridad de 2.2, pero los expertos sugieren un F.S entre 5 y 10 para péndolas, entre 3 y 5.

Recomendaciones

1. Realizar un análisis comparativo de respuesta dinámica de vibraciones en cables y torres con acelerómetros triaxiales piezoeléctricos, por lo que se sugiere la adquisición de equipos cuya ganancia y resolución de la lectura de datos de vibración permita un registro de bajas frecuencias, con multicanal, debido a que es sumamente importante el registro de aceleraciones con una medición paralela, para que luego de procesadas las señales, mediante bode se pueda efectuar la caracterización de modos y su asociación a una frecuencia.
2. Se recomienda la contrastación de los resultados de elementos finitos con galgas extensiométricas que permitan recolectar mediciones que se interpreten en esfuerzos actuantes en los componentes estructurales del puente.
3. Realizar un estudio de caracterización de materiales, con pruebas mecánicas.
4. Esta tesis no llevo a cabo una verificación de conexiones debido a la complejidad y diversidad de casos presentes en la estructura, por lo que se sugiere atender este tema, ya que sería importante conocer el estado de las mismas.



5. Para la recolección de mediciones de vibración se sugiere evaluar la variación de frecuencias modales tomando en cuenta las mediciones de fuerza y velocidad de viento, debido a que los puentes colgantes son estructuras flexibles.
6. Las campañas de medición de puentes, presentan un grado de dificultad debido a que no es posible cerrar el tráfico durante largos periodos, la autorización para el cierre temporal de ser necesario el caso, deberá tener en cuenta también la cantidad de personal e instrumentos de comunicación entre el equipo de inspección.
7. Realizar un análisis de elementos finitos tomando en cuenta diferentes grados de discretización de los diferentes elementos, para determinar parámetros de convergencia entre los resultados del modelo.
8. Realizar estudios en puentes de escala corta en el que se pueda seguir comprobando la versatilidad y aplicabilidad de pruebas de vibración ambiental para el diagnóstico estructural de puentes.
9. Se sugiere tomar en cuenta el procedimiento seguido en la presente tesis, para el desarrollo de evaluaciones de estructuras tipo puente.
10. Las pruebas que se realicen con tráfico, no afectan las frecuencias de vibración natural, pero estas, si alteran de manera significativa los valores de amortiguamiento
11. Como se mencionó anteriormente, luego de la evaluación estructural de modelo de elementos finitos calibrado del puente Cunyac, se obtienen valores que se detallan el anexo 3, de la verificación de diseño de perfiles estructurales poseen ratios que superan el límite establecido de la relación que recomienda valores menores a 1.

Referencias

- A. Luigi, M., & Filippo, U. (2015). Vertical vibration of suspension bridges with Damage. *Research Gate*.
- AASHTO. (2012). Especificaciones AASHTO para el diseño de puentes por el método LRFD. Unites States.
- Abdel - Ghaffar, A. M. (1976). Dynamic analysis of suspension bridge Structures. Pasadena, California, Estados Unidos: California Institute of Technology Earthquake Engineering Research Laboratory.
- Abdel - Ghaffar, A. M., & G. W, H. (1978). Vibrations in suspension Bridges. Estambul, Turquía: Universidad Bogazici.



- Aceró Martínez, J. (mayo de 2004). Comparación de las Normas Sísmicas más utilizadas para Puentes Continuos en el Perú y sus Métodos de Análisis. Lima, Perú: Creative Commons.
- Acuña Prado, R., Bonilla Haddad, E., Cartín Carranza, J., Castillo Barahona, R., Cruz Azofeifa, M., Cruz Torres, M., . . . Santana Barboza, G. (2013). *Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes*. San José, Costa Rica: LanammeUCR.
- Aguiar Falconí, R., & Gudiño, E. (2011). Dos Métodos Simplificados para el Análisis Sísmico de Puentes Simplemente Apoyados. *Revista CIENCIA*, 1-20.
- Altin, S., Kaptan, K., & Tezcan, S. S. (2012). *Dynamic analysis of suspension bridges and full scale Testing*. Estambul, Turquía: Scientific Research .
- Ampuero Alata, E. J. (2012). Consideraciones estructurales en el análisis y diseño de puentes Colgantes. *Tesis de Grado - Universidad Nacional de Ingeniería UNI*. Lima, Perú.
- Arzoumanidis, S., & Bieniek, M. (1985). *Finite Element Analysis of Suspension Bridges*. New York, EE.UU.
- Avellaneda, G., Noguera, R., & Muñoz, E. (2012). *Desarrollo de un algoritmo computacional para la estimación experimental en laboratorio y campo de sus modos y frecuencias naturales de vibración*. Colombia.
- Bazzano, J., & Pérez Zerpa, J. (2017). *Introducción al análisis no lineal de Estructuras*. Montevideo, Uruguay.
- Bleich, F., McCullough, B., Rosencrans, R., & Vincent, G. (1950). *The Mathematical Theory of Vibration in Suspension Bridges*. EE.UU.
- C. Montufar, A. E., Endara M., F., & Morante Rios, E. A. (2015). *¿Como hacer la tesis Universitaria?* Cusco: Talleres Colograf S.R.L.
- Cabrera, A. (2016). *Análisis del Comportamiento Dinámico ante vibraciones inducidas por rotación de la turbina hidráulica Francis, equipo puente grúa y vibraciones sísmicas en el sistema estructural de la casa de máquinas de la central hidroeléctrica machupicchu II fase*. Cusco.



- Carlos G. García Garino, A. E. (2013). Caracterización y evaluación de la Vulnerabilidad sísmica de puentes SÍSMICA DE PUENTES. *Asociación Argentina de Mecánica Computacional*, 01-23.
- Carrión Viramontes, F., Lozano Guzmán, A., Fabela Gallegos, M., Vázquez Vega, D., & Romero Navarrete., J. (1999). *Evaluación de puentes mediante el análisis de vibraciones*. Mexico.
- Castillo Aedo, J. L., & Alva Hurtado, J. E. (1993). *Peligro Sísmico en el Perú*. Lima.
- Catálogo Sísmico Regional CERESIS 91 - H CERESIS 97. (s.f.). *Centro Regional de Sismología para América del Sur*. Perú.
- Chaudhury, N., & Brotton, D. (1966). *Stiffness analysis of suspension bridges by iteration*. Portugal.
- Chopra, A. K. (2014). *Dinámica de Estructuras*. Naucalpan de Juárez, Mexico: Pearson Educación de México, S.A.
- Clough, R. W., & Penzien, J. (1993). *Dynamic of Structures*. EE.UU: McGraw Hill Int.
- Clough, R., & Penzien, J. (1995). *Dynamics of Structures*. Berkeley, CA USA: Computers & Structures, Inc.
- Cominucaciones, M. d. (Julio de 2003). *Manual de diseño de Puentes*. Lima, Perú.
- Crisafulli, F., & Villafañe, E. (Mayo de 2002). Espectros de respuesta y de Diseño. Cuyo, Argentina.
- D'Amore, E., & S, T. (s.f.). Experimental analysis for identification of bridges structural damage using Operational Modal Analysis based methods. (D. o. Materials, Ed.)
- De Tejada, A. M. (Junio de 2011). Análisis Dinámico de Estructuras en el Dominio de la Frecuencia. España.
- Delgado Madera, F. (2012). Fallas activas y pleigro sísmico en la Región del Cusco. *Congreso Internacional de Ingeniería - INGEMMET*, (pág. 39). Cusco.



- Delgado Pugley, D. P., & Cavagnoud H., R. P. (2018). Curso Taller de Investigación Científica. *cómo hacer la tesis de Pre y Pos Grado?* (págs. 53-62). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- (2018). *Elaboración Propia*. Cusco.
- Enciso Valdivia, F. (2014). *Análisis de la Vulnerabilidad estructural del puente de la Av. Pakamuros de la ciudad de Jaen - Cajamarca*. Lima, Perú: PUCP.
- Evert, A. A. (2012). Tesis de Grado para Ingeniero Civil. *Consideraciones Estructurales en el Análisis y Diseño de Puentes Colgantes*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Felippa, C. (2005). *Introduction to Finit Elemen Methods*. Colorado, Estados Unidos: Department of Aerospace Engineering Sciences and Center for Aerospace Structures.
- Ferrocarriles, M. d.-D. (14 de Marzo de 2006). *Guía para Inspección de Puentes*. Lima, Perú.
- Fertis, D. G. (1995). *Mechanical and Structural Vibrations*. New York, EE.UU: John Wiley & Sons.
- Fish, J., & Belytschko, T. (2007). *A First Course in Finite Elements*. Chippenham, Wiltshire, Great Britain: Wiley Editorial Offices.
- Francisco Navarro-Henríquez, D. U.-M. (2014). Measurements and analysis of vibrations at Virilla Bridge, national route N° 1. *Tecnología en Marcha*.
- Francisco, J., & Alejandro, L.-G. (2014). Evaluación de puentes mediante el análisis de Vibraciones. D.F, México.
- Gabaldon, F., Riquelme, F., & Goicolea, J. (noviembre de 2005). Metodología para el Análisis dinámico de puentes de Ferrocarril. España.
- Galván Chávez, A. (2008). Vulnerabilidad Sísmica Puente Infiernillo I. Morelia de Michoacan, México: Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo.
- Garcia Reyes, L. (1998). *Dinámica Estructural Aplicada al Diseño Sísmico*. Bogota, Colombia: Universidad de los Andes.



- Gomez Jhonson, R. C. (2008). Comparación entre las filosofías de diseño por esfuerzos admisibles, factores de carga y factores de carga y resistencia en el diseño de superestructuras de puentes vehiculares bajo la acción de cargas gravitacionales . Mexico D.F, México.
- Gómez Soberón, C., Oller, S., & Barbat, A. H. (s.f.). Evaluación de la Vulnerabilidad del Puente Warth en Austria. *Rev. Int. De Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, 0-16.
- H. Nilson, A., & Darwin, D. (2001). Diseño de estructuras de concreto. Colombia.
- Hernández Sampieri, C. (1999). *Metodología de la Investigación*. Naucalpan de Juárez, México: Panamericana Formas e Impresos S.A.
- Hsu, H. (1973). *Análisis de Fourier*. Fondo Educativo Interamericano S.A.
- Ibañez Deler, P. (2014). *ANÁLISIS MODAL MEDIANTE EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS Y ENSAYOS EXPERIMENTALES DE UNA PLATAFORMA MULTI-REGISTRO PARA LA VERIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDIR POR COORDENADAS PORTÁTILES*. Zaragoza , España: Repositorio de la Universidad de Zaragoza.
- IGP. (2016). Mapa Sismico del Perú. Lima, Lima, Perú.
- Informatica, I. N. (2005). Curso de Metodología de Investigación., (págs. 22-88).
- Inga Baez, J. (1981). *Montaje de Puentes Colgantes (Puente Herreria)*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingenieria.
- James Westgate, R. (2012). *ENVIRONMENTAL EFFECTS ON A SUSPENSION BRIDGE'S PERFORMANCE*. United Kingdom.
- Komkov, H., Choi, E., & K.K, V. (1986). Design Sensitivity Analysis of Structural Systems. Academic Press.
- Komkov, Haug, E., & Choi, K. V. (1986). *Design Sensitivity Analysis of Structural Systems*. Academic Press Inc.



- Li, Z., & J.R, H. (1995). *Damage location in structures using vibration data and its sentivity to measurement errors*. Tennessee, EE.uu.
- Llopiz , C. R. (2013). *Fiosofía de Diseño para Estructuras de Hormigón Armado*. Mendoza, Argentina.
- Massa, J., Giro, J., & Giudici, A. (2015). *Compendio de cálculo Estructural II - FCRFyN - UNC*.
- McCormac, J., & Csernak, S. (2012). *Diseño de estructuras de acero* (5ta. Edición ed.). New Jersey, USA: Pearson Education.
- McLamore, V., Hart, G., & Stubbs, I. (1971). *Ambient Vibration of two suspension Bridges*. California: Journal Str. Div. Proc Amb. Soc of C.E.
- Mendoza Larico, M. (2017). *ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE COBERTURAS RETICULADAS CONVENCIONALES Y AUTO PORTANTES, CASO APLICATIVO: CENTRO DE CONVENCIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO*. Puno, Perú.
- Meruane, V. (2016). *Dinámica Estructural*. Chile: Departamento de Ingeniería Mecánica.
- Mesa Baya, C. (Junio de 2005). *Análisis Del Comportamiento De Estructuras De Puentes Ante Solicitaciones Sísmicas Dependiendo de la Tipología De La Cimentación y La Interacción Suelo-Estructura*. Sevilla, España: Universidad de Sevilla.
- Miao, F., & Tang, D.-j. (2014). *Theoretical Study on Vertical Free Vibration Analysis of Self-anchored Cable-stayed Suspension Bridge*. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*.
- midasCIVIL. (s.f.). *Integrated solution system for bridge and civil engineering solution*. 2019.
- MIDASoft. (2019).
- Minchán Alvarez, P. E. (2018). *COMPARACIÓN ENTRE LAS FILOSOFÍAS DE DISEÑO POR ESFUERZOS ADMISIBLES (ASD), FACTORES DE CARGA (LFD) Y FACTORES DE CARGA Y RESISTENCIA (LFRD), EN EL DISEÑO DE LA SUPERESTRUCTURA DE*



UN PUENTE SIMPLEMENTE APOYADO DE CONCRETO ARMADO. Cajamarca, Perú.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, M. d. (2009). Mapa Vial de Cusco. Lima, Perú.
- Monje Alvarez, C. (2011). *Metodología de la Investigación Cuantitativa y Cualitativa Guía Didáctica*. Neiva: Universidad Surcolombiana.
- Mosquera Maguiña, D. (2012). Tesis para optar el Grado de Maestría en ciencias e Ingeniería Estructural. *Análisis dinámico de estructuras usando vectores de Ritz*. Lima, Perú.
- MTC, M. d. (2018). Manual de Diseño de Puentes. Lima, Lima, Perú.
- Muñoz Diaz , E., Núñez, F., Rodríguez Calderón, W., Otárola Sánchez, C., & Ruiz Valencia, D. (Marzo de 2006). *Evaluación Por Confiabilidad Estructural de Puentes en Acero Apoyada en Monitoreo e Instrumentación*. Bogota, Colombia.
- Narvaez Paez , C., & Sanabria Burgos, R. (2008). Tesis de Grado Ingeniería Civil. *Estado del Arte de Puentes Colgantes*. Bucaramanga, Venezuela: Universidad Pontificia Bolivariana .
- Okukawa, A., Suzuki, S., & Harazaki, I. (2000). *Suspension Bridges*. China: Boca Raton: CRC Press, 2000.
- Pacheco Barra, J. (2015). Implementación del Computed Order Tracking (COT) en el laboratorio de mecánica aplicada. Concepción, Chile.
- Parra Palacio, S., & Sedano Agudelo, G. (2011). Desarrollo de Una Metodología para la Evaluación del Estado de Puentes Existentes. Bogotá D.C.
- Peruana, I. (23 de Abril de 2014). Puentes del Perú. Cusco-Apurímac, Perú. Obtenido de <http://infrestructuraperuana.blogspot.com/2014/04/puente-cunyac.html?m=1>
- Poskitt, T. (1966). *Structural analysis of suspension bridges*. ASCE.
- Puig Martí, D. (2010). Implementación del Algoritmo de mínimos cuadrados aplicado al diseño de dispositivos de dispositivos de Microondas. Valencia, España.



- Qiu, W. L. (2015). Nonlinear dynamic responses of suspension bridge to sudden breakage of hangers. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Ramírez Gonzalez, A. (1999). *Metodología de la investigación científica*. Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- René Chorro, M., & Garay Medina, R. E. (2006). Tesis de Grado Ingeniería Civil. *Análisis y verificación de Interacción dinámica*. San Salvador, El Salvador.
- Ryall, M. J., J. E. H., & G. A., P. (1990). *Bridge Management*. United Kingdom: The University of Surrey.
- S. Rao, S. (2012). *Vibraciones Mecánicas*. Miami, Usa: Pearson Educación.
- Saavedra P.N. (2007). La medición y análisis de las Vibraciones. (F. d. Ingeniería, Ed.) Concepción, Chile: Universidad de Concepción.
- Sanchez Fernandez, L. (2005). *Análisis y diseño de puentes colgantes vehiculares tipo Cuadrizable*. Lima, Perú.
- Sanchez Viena, Z. d. (2015). *Propuesta de una Metodología para Evaluación de las Estructuras y Determinación del Tipo de Mantenimiento de Puentes Colgantes en la Región San Martin*. Tarapoto, Perú: UNASAM.
- Shinozuka, M., Karmakar, D., Chaudhuri, S., & Lee, H. (2009). *Verification of Computer Analysis Models for Suspension Bridges*. California, Estados Unidos: Department of Civil and Environmental Engineering University of California, Irvine.
- SIMA, S. d. (s.f.). SIMA. *Catálogo Metal Mecánica*.
- Sovero, & Martel. (2014). Modal Identification Tests on Archaeological Heritage: The Case of Chokepukio. Lima, Perú.
- Suzuki Ikuo Harazaki, S., & Okukawa, A. (2000). Suspension Bridges. *CRC Press*, 37.
- Teskan, S., & Cherry, S. (1970). Analysis earthquake of suspension Bridges. *ResearchGate*, 1-16.
- Thomson, W. (1982). *Teoría de Vibraciones*. Santa Barbara, California, USA.





- Toledo Espinoza, V. (2011). Pushover - Análisis No Lineal Estático en Edificios de Concreto Armado. *Libro III de la Colección: Ingeniería Sísmica Basada en Desempeño - PBEE*.
- Trifunac, M. (1970). *Wind and Microtremor Induced Vibrations of a Twenty-Two Steel Frame Building*. Pasadena, United States: California Institute of Technology.
- Vadims Goremikins, K. R. (2013). Experimental Determination of Natural Frequencies of Prestressed Suspension Bridge Model. *Construction Science*.
- Valdéz, J., & De la Colina, J. (2008). Análisis de la Amplificación Dinámica de la Carga Viva en Puentes con Base en Pruebas Experimentales. *Revista Tecnológica ESPOL*, 149-156.
- Vargas Cordero, Z. R. (2009). *La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica*. San Pedro, Costa Rica.
- Zegarra Ciquero, L. (Diciembre de 2007). Análisis y diseño de puentes Colgantes. Lima, Perú.
- Zienkiewicz, O., & Taylor, R. (1994). *El método de los Elementos Finitos Formulación Básica y problemas Lineales*. Berkeley: McGraw-Hill.

Anexos

1. Anexo datos de recolección

a. Levantamiento topográfico

 <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>		
<p>TESIS</p> <p>"EVALUACIÓN DE PUENTE COLGANTE VEHICULAR DE 110 METROS, MEDIANTE MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS Y ANÁLISIS DE VIBRACIONES; CASO FUENTE CUNYAC -2018"</p> <p>Asesor: Dr. Ing. Elvis Yuri Mamani Varggas Autor: Bach. Luis Angel Valer Chalco</p>		
Fecha:	20 / 03 / 2018	
Ensayo:	Levantamiento topográfico puente Cunyac	
Equipo		Cantidad
Estación Total TopCon		1
Primas		2
Portaprismas		2
GPS Garmin		1
Wincha de mano		1
Nota:	Operador: Luis Angel Valer Chalco; primas: Osman Peña Gamarra, Nataly Ramos Fernandez	
	altura instrumental considerada = 1.65 m	
	altura de primas = 1.80 m	

1	8499408.000	762495.994	1848.206	PTO A
2	8499391.340	762452.680	1837.957	TERRENO
3	8499404.230	762463.099	1838.053	TERRENO
4	8499402.570	762465.500	1838.323	TERRENO
5	8499404.500	762464.246	1838.314	TERRENO
6	8499403.620	762465.221	1838.285	TERRENO
7	8499406.300	762465.846	1838.343	TERRENO
8	8499405.500	762466.902	1838.311	TERRENO
9	8499417.600	762465.110	1838.209	TERRENO
10	8499419.410	762463.113	1838.341	TERRENO
11	8499417.170	762461.138	1837.993	TERRENO
12	8499390.050	762450.941	1837.928	ESTRI
13	8499395.320	762444.805	1837.992	ESTRI
14	8499395.720	762444.300	1837.972	ESTRI
15	8499389.600	762451.456	1838.055	ESTRI
16	8499389.040	762439.490	1837.997	ESTRI
17	8499383.890	762445.319	1837.963	ESTRI
18	8499384.400	762445.988	1837.918	ESTRI
19	8499389.450	762439.705	1837.963	ESTRI
20	8499389.600	762439.738	1837.966	ESTRI
21	8499383.950	762446.274	1838.196	ESTRI
22	8499390.050	762439.309	1838.145	ESTRI
23	8499390.930	762438.207	1838.142	ESTRI
24	8499382.940	762447.382	1838.210	ESTRI
25	8499382.950	762447.346	1838.204	ESTRI
26	8499382.700	762447.082	1838.152	ESTRI
27	8499390.700	762438.066	1838.170	ESTRI
28	8499389.390	762439.346	1838.238	ESTRI
29	8499383.890	762445.651	1838.212	ESTRI
30	8499383.350	762445.064	1838.128	ESTRI
31	8499388.787	762438.850	1838.171	ESTRI
32	8499388.373	762439.302	1837.950	ESTRI
33	8499383.644	762444.648	1838.137	ESTRI
34	8499388.579	762439.372	1837.962	ESTRI
35	8499383.723	762444.699	1837.893	ESTRI
36	8499383.846	762444.749	1837.906	ESTRI
37	8499388.649	762439.460	1837.964	ESTRI
38	8499388.733	762439.365	1837.955	ESTRI
39	8499383.740	762445.032	1837.961	ESTRI



40	8499383.248	762434.192	1838.464	DOBELA
41	8499377.981	762440.253	1838.446	DOBELA
42	8499372.868	762435.691	1838.696	DOBELA
43	8499378.188	762429.684	1838.702	DOBELA
44	8499367.747	762431.182	1838.876	DOBELA
45	8499368.010	762420.653	1839.073	DOBELA
46	8499362.700	762426.685	1839.047	DOBELA
47	8499362.917	762416.154	1839.198	DO BELA
48	8499357.537	762422.157	1839.183	DOBELA
49	8499357.716	762411.702	1839.294	DOBELA
50	8499352.447	762417.641	1839.224	DOBELA
51	8499347.408	762413.173	1839.263	DOBELA
52	8499352.650	762407.133	1839.347	DOBELA
53	8499347.583	762402.576	1839.350	DOBELA
54	8499342.234	762408.497	1839.318	DOBELA
55	8499337.122	762404.087	1839.290	DOBELA
56	8499342.487	762398.132	1839.314	DOBELA
57	8499337.392	762393.605	1839.275	DOBELA
58	8499331.997	762399.607	1839.188	DOBELA
59	8499332.180	762389.098	1839.208	DOBELA
60	8499326.993	762395.067	1839.183	DOBELA
61	8499321.820	762390.393	1838.980	DOBELA
62	8499327.120	762384.538	1838.989	DOBELA
63	8499322.010	762380.062	1838.892	DOBELA
64	8499316725	762386.006	1838.896	DOBELA
65	8499311.660	762381.528	1838.734	DOBELA
66	8499317.020	762375.496	1838.652	DOBELA
67	8499311.980	762370.964	1838.430	DOBELA
68	8499306.610	762377.004	1838.415	DOBELA
69	8499306.600	762366.457	1838.144	JUNT
70	8499301.400	762372.504	1838.141	JUNT
71	8499306.350	762366.786	1837.971	JUNT
72	8499301.710	762372.222	1837.906	JUNT
73	8499306.790	762366.678	1837.933	JUNT
74	8499301.460	762371.904	1837.863	JUNT
75	8499306.480	762366.199	1838.160	JUNT
76	8499301.040	762372.354	1838.140	JUNT
77	8499305.800	762366.361	1837.901	VERD
78	8499301.280	762371.786	1837.869	VERD
79	8499301.270	762371.618	1837.872	VERD
80	8499301.110	762371.874	1837.861	VERD
81	8499306.660	762366.125	1838.139	ESTRI
82	8499300.990	762372.163	1838.135	ESTRI
83	8499306.020	762365.484	1838.213	ESTRI
84	8499300.470	762371.834	1838.306	ESTRI
85	8499299.340	762373.142	1838.200	ESTRI
86	8499307.150	762364.234	1838.233	ESTRI
87	8499306.800	762364.028	1838.211	ESTRI
88	8499298.810	762373.109	1838.188	ESTRI
89	8499305.790	762365.137	1838.176	ESTRI
90	8499294.060	762366.743	1838.189	ESTRI
91	8499300.090	762360.008	1838.235	ESTRI
92	8499294.420	762366.329	1837.812	ESTRI
93	8499299.700	762360.345	1838.220	ESTRI
94	8499294.550	762366.183	1837.771	ESTRI
95	8499285.390	762348.144	1838.022	TERRENO
96	8499280.750	762353.577	1838.069	TERRENO
97	8499287.280	762346.224	1838.240	TERRENO
98	8499277.690	762350.751	1838.043	TERRENO
99	8499285.200	762347.000	1838.338	TERRENO
100	8499285.200	762346.971	1838.325	TERRENO
101	8499283.150	762345.253	1838.277	TERRENO
102	8499278.860	762351.908	1838.144	TERRENO
103	8499284.220	762344.252	1838.692	TERRENO
104	8499277.080	762340.678	1838.312	TERRENO
105	8499278.790	762338.719	1838.078	TERRENO
106	8499278.050	762340.728	1838.361	TERRENO
107	8499278.930	762339.807	1838.371	TERRENO
108	8499279.850	762340.545	1838.252	TERRENO
109	8499278.920	762341.467	1838.276	TERRENO
110	8499278.960	762338.661	1838.224	VIAS
111	8499276.730	762341.029	1838.241	VIAS
112	8499271.260	762330.235	1838.411	VIAS
113	8499269.960	762322.472	1838.770	VIAS
114	8499270.930	762310.442	1839.054	VIAS



115	8499264.440	762309.185	1839.172	VIAS
116	8499265.940	762303.274	1839.398	VIAS
117	8499272.220	762303.694	1839.934	VIAS
118	8499284.900	762322.699	1838.296	VIAS
119	8499301.200	762303.821	1838.769	RIBFE
120	8499306.370	762346.702	1838.024	RIBFE
121	8499310.190	762328.890	1838.682	RIBFE
122	8499306.620	762325.144	1838.486	RIB ABAJ
123	8499326.900	762295.518	1827.735	RIB ABAJ
124	8499320.500	762301.695	1827.803	RIB ABAJ
125	8499316.950	762317.201	1827.867	RIB ABAJ
126	8499318.010	762329.557	1828.016	PUENT
127	8499342.210	762398.434	1840.550	PUENT
128	8499337.460	762403.898	1839.053	RIBFE
129	8499384.090	762509.669	1833.862	RIBFE
130	8499381.100	762505.273	1833.536	RIBFE
131	8499377.070	762489.597	1833.688	RIBFE
132	8499376.780	762467.885	1834.187	RIBFE
133	8499378.110	762479.775	1833.852	RIBFE
134	8499376.270	762467.617	1834.250	RIBFE
135	8499379.930	762462.688	1833.800	ESTRI
136	8499381.420	762446.046	1836.510	ESTRI
137	8499389.620	762436.967	1841.326	RIBFE
138	8499317.230	762426.068	1834.299	RIBFE
139	8499320.730	762421.592	1834.398	RIBFE
140	8499322.610	762420.074	1834.841	RIBFE
141	8499322.500	762420.131	1834.842	TOPO
142	8499313.420	762421.451	1834.507	RIBFE
143	8499315.240	762431.498	1834.430	RIB ABAJ
144	8499312.690	762434.155	1831.961	RIBFE
145	8499315.660	762429.510	1833.973	RIBFE
146	8499302.330	762350.599	1838.013	RIBFE
147	8499299.440	762358.288	1837.949	RIBFE
148	8499293.740	762352.957	1838.011	ESTRI
149	8499299.630	762360.406	1838.063	ESTRI
150	8499300.070	762359.973	1837.955	ESTRI
151	8499305.870	762364.914	1838.359	ESTRI
152	8499306.860	762363.962	1838.403	ESTRI
153	8499307.150	762364.196	1838.388	ESTRI
154	8499411.330	762456.802	1838.429	ESTRI
155	8499419.460	762463.075	1838.459	ESTRI
156	8499417.600	762465.233	1838.340	ESTRI
157	8499417.730	762464.154	1838.352	ESTRI
158	8499418.680	762463.110	1838.477	ESTRI
159	8499417.620	762462.085	1838.477	ESTRI
160	849941.6060	762463.134	1838.481	ESTRI
161	8499414.320	762459.485	1838.466	ESTRI
162	8499413.240	762458.605	1838.464	ESTRI
163	8499412.460	762459.557	1838.458	ESTRI
164	8499413.130	762458.520	1838.465	ESTRI
165	8499412.470	762459.348	1838.466	ESTRI
166	8499410.390	762457.838	1838.458	ESTRI
167	8499409.340	762457.642	1838.298	ESTRI
168	8499305.950	762365.571	1838.419	ESTRI
169	8499306.180	762366.057	1838.092	ESTRI
170	8499305.900	762366.353	1838.094	ESTRI
171	8499300.290	762371.860	1838.451	ESTRI
172	8499301.090	762371.919	1838.104	ESTRI
173	8499294.980	762366.265	1838.040	ESTRI
174	8499280.580	762353.631	1838.273	ESTRI
175	8499279.340	762353.376	1838.516	ESTRI
176	8499277.460	762351.817	1838.484	ESTRI
177	8499277.460	762351.819	1838.484	ESTRI
178	8499276.740	762352.898	1838.522	ESTRI
179	8499278.480	762354.405	1838.466	ESTRI
180	8499278.480	762354.396	1838.466	ESTRI
181	8499278.680	762355.703	1838.496	ESTRI
182	8499272.820	762346.719	1838.511	VIAS
183	8499285.570	762346.533	1838.497	VIAS
184	8499286.150	762314.731	1838.270	CASA
185	8499286.960	762310.231	1838.730	CASA
186	8499289.450	762317.346	1838.583	CASA
187	8499289.460	762317.343	1838.583	CASA
188	8499289.540	762318.980	1838.501	CASA

b. Vibraciones del puente.

- Datos de vibración ambiental punto: P2

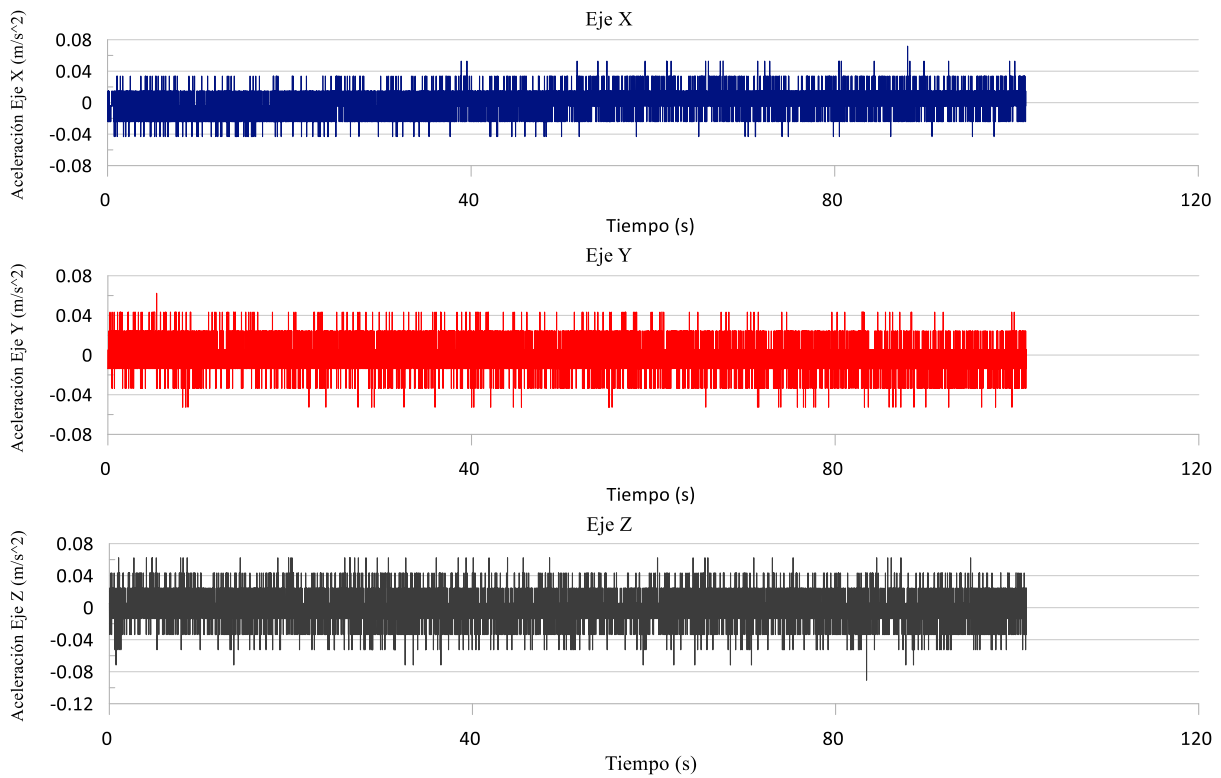
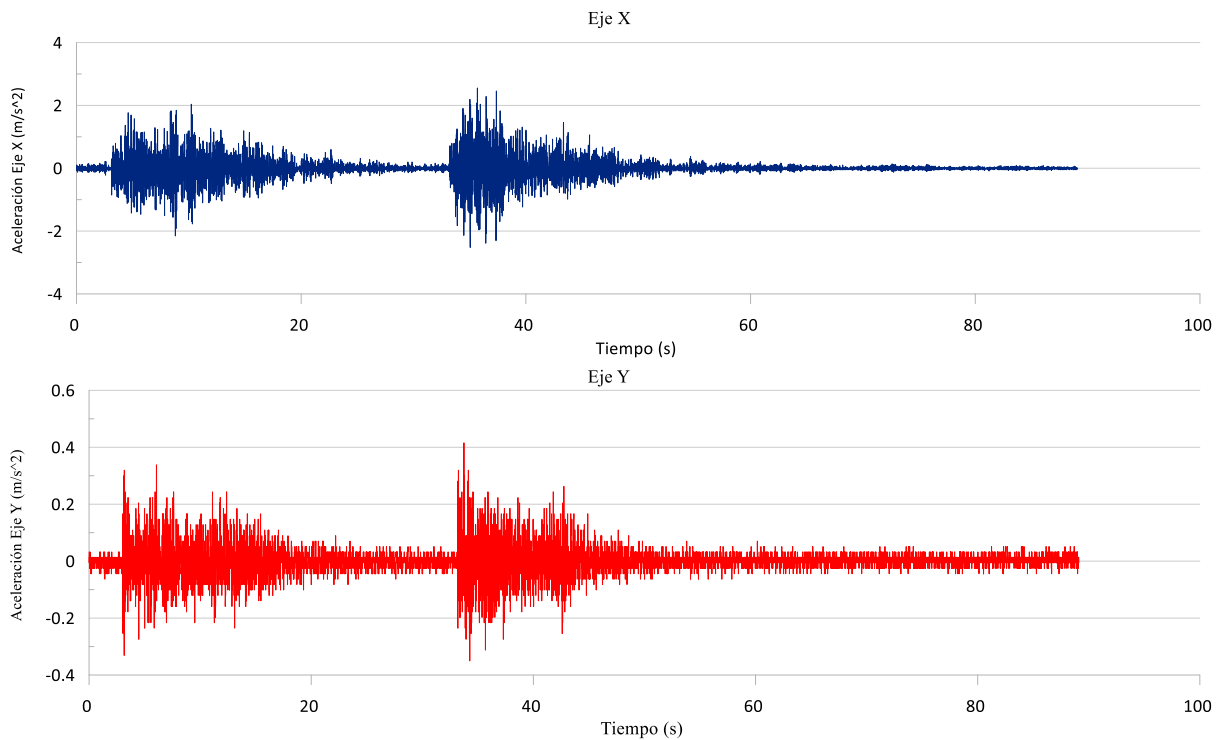


Figura 105. Registro de vibraciones Serie 01 punto P2, recolectado en la brida superior del puente, contiene 44577 muestras con una duración de 101.01 segundos, en los ejes X, Y y Z, vibración ambiental.

- Datos de vibración ambiental producida por paso de vehículos punto: P2



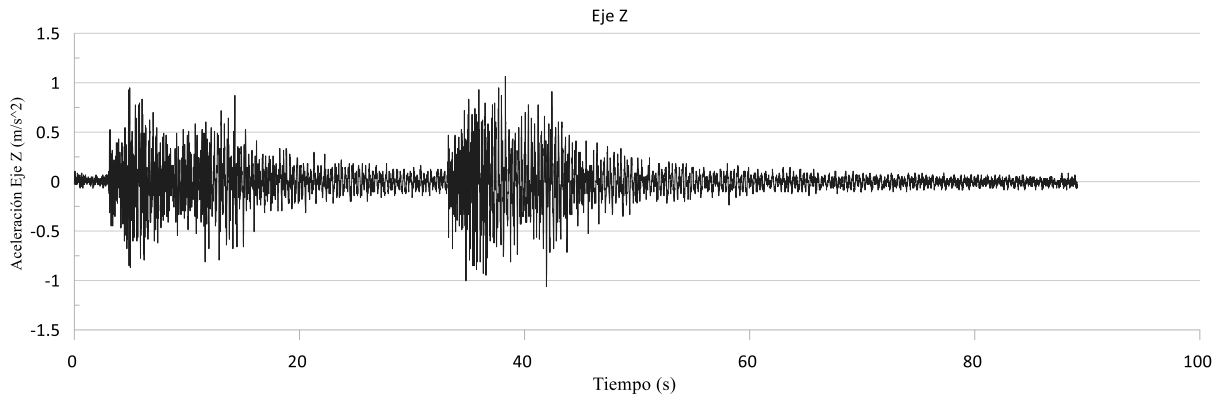


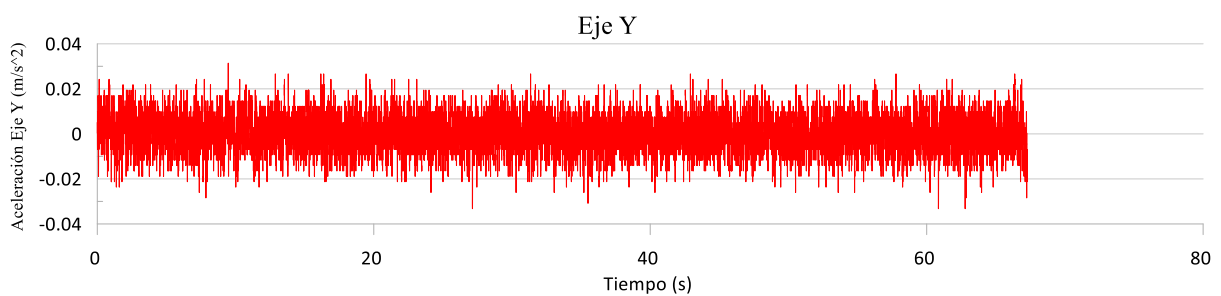
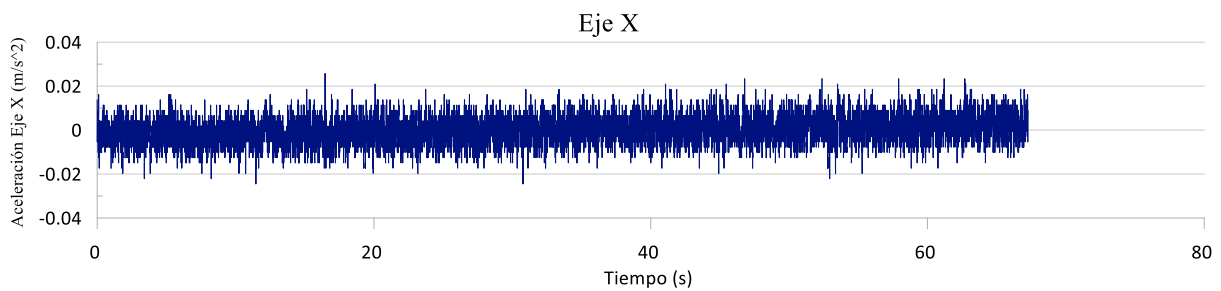
Figura 106. Registro de vibraciones Serie 01 punto P2, recolectado en la brida superior del puente, contiene 40503 muestras, con una duración de 89.09 segundos, en los ejes X, Y y Z, bajo condiciones de vibración ambiental producida por paso de vehículos.

Tabla 79

Descripción de las fuentes de excitación del puente Cunyac del punto P2.

Vehículo	Tipo	Fuente excitadora				
	8x4 RB2 o similar		1			
	C3 o similar		2			
	Automóvil					
Legenda:		Vehículo atraviesa el puente desde Margen derecha a izquierda				
		Vehículo atraviesa el puente desde Margen izquierda a derecha				
		1,2, 3,... : orden de presencia de sobrecarga vehicular en el puente				

- Datos de vibración ambiental punto: P3



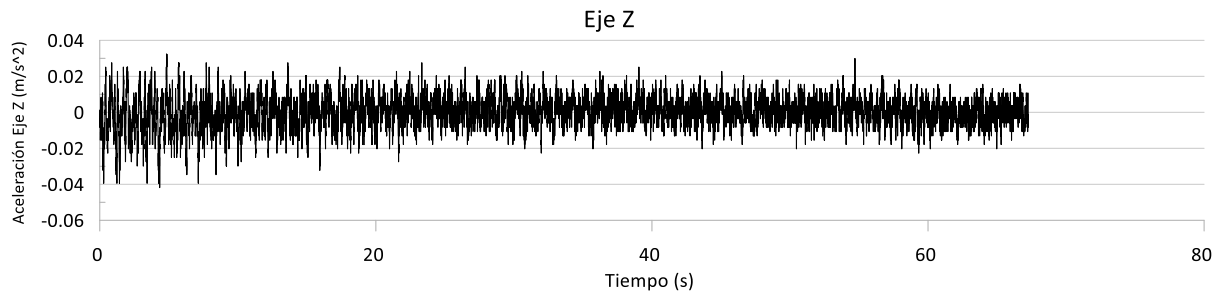


Figura 107. Registro de vibraciones Serie 01 punto P3, recolectado en la brida superior del puente, contiene 49881 muestras, con una duración de 67.254 segundos, en los ejes X, Y y Z, vibración ambiental.

- **Datos de vibración forzado punto: P3**

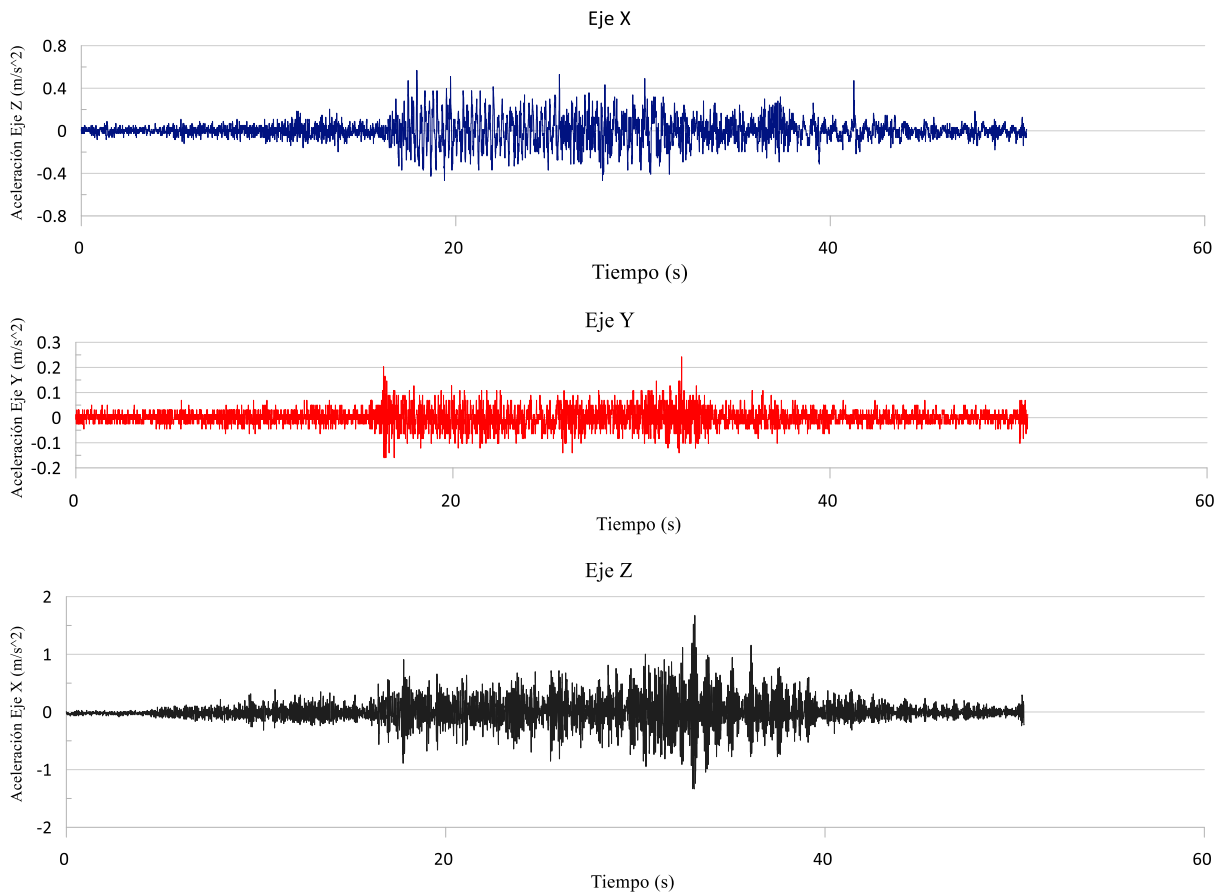










Figura 108. Registro de vibraciones Serie 01 punto P3, recolectado en la brida superior del puente, contiene 21654 muestras, con una duración de 50.493 segundos, en los ejes X, Y Z, bajo condiciones de vibración

Tabla 80

Descripción de las fuentes de excitación del puente Cunyac del punto P3.

Vehículo	Tipo	Fuente excitadora					
	8x4 RB2 o similar						
	C3 o similar		2				
	Automovil		1		3		
Leyenda:		Vehículo atraviesa el puente desde Margen derecha a izquierda					
		Vehículo atraviesa el puente desde Margen izquierda a derecha					
		1,2, 3,... : orden de presencia de sobrecarga vehicular en el puente					

- **Datos de vibración ambiental punto: P5**

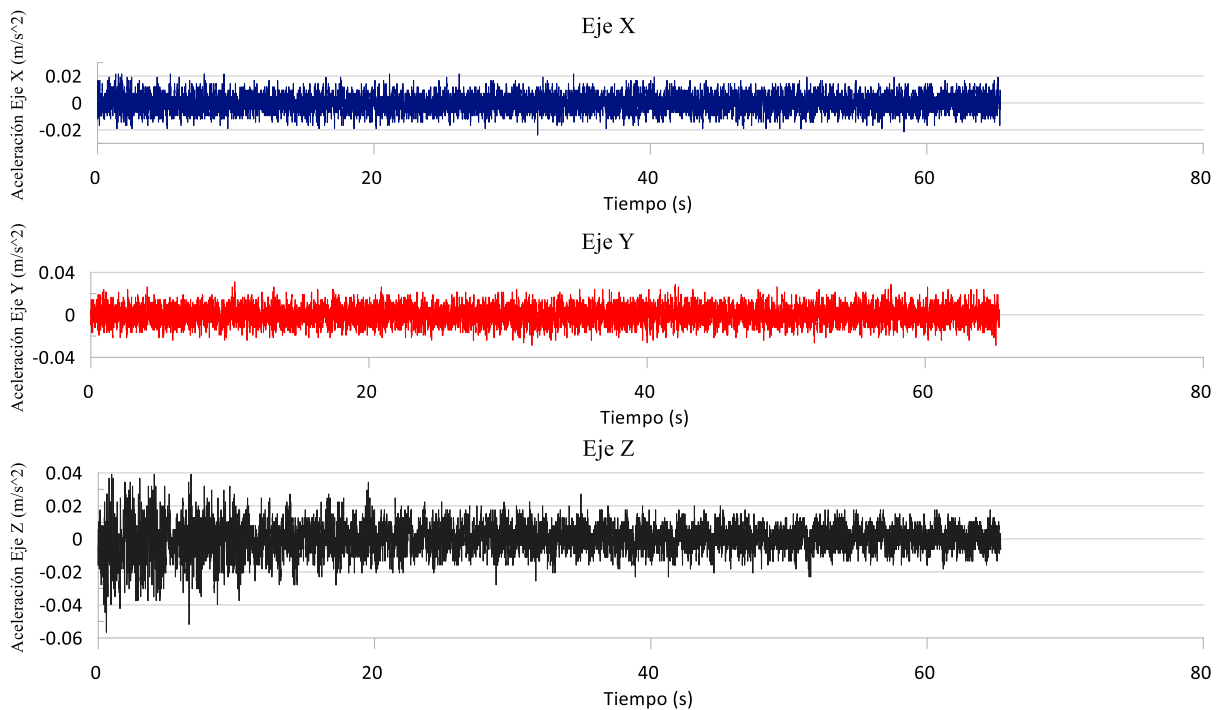
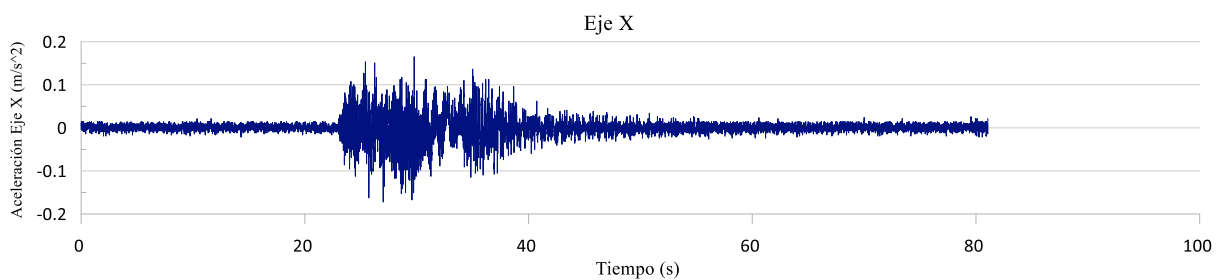


Figura 109. Registro de vibraciones Serie 01 punto P5, recolectado en la brida superior del puente, contiene 48465 muestras, con una duración de 65.335 segundos, en los ejes X, Y y Z, vibración ambiental.

- **Datos de vibración brida forzado punto: P5**



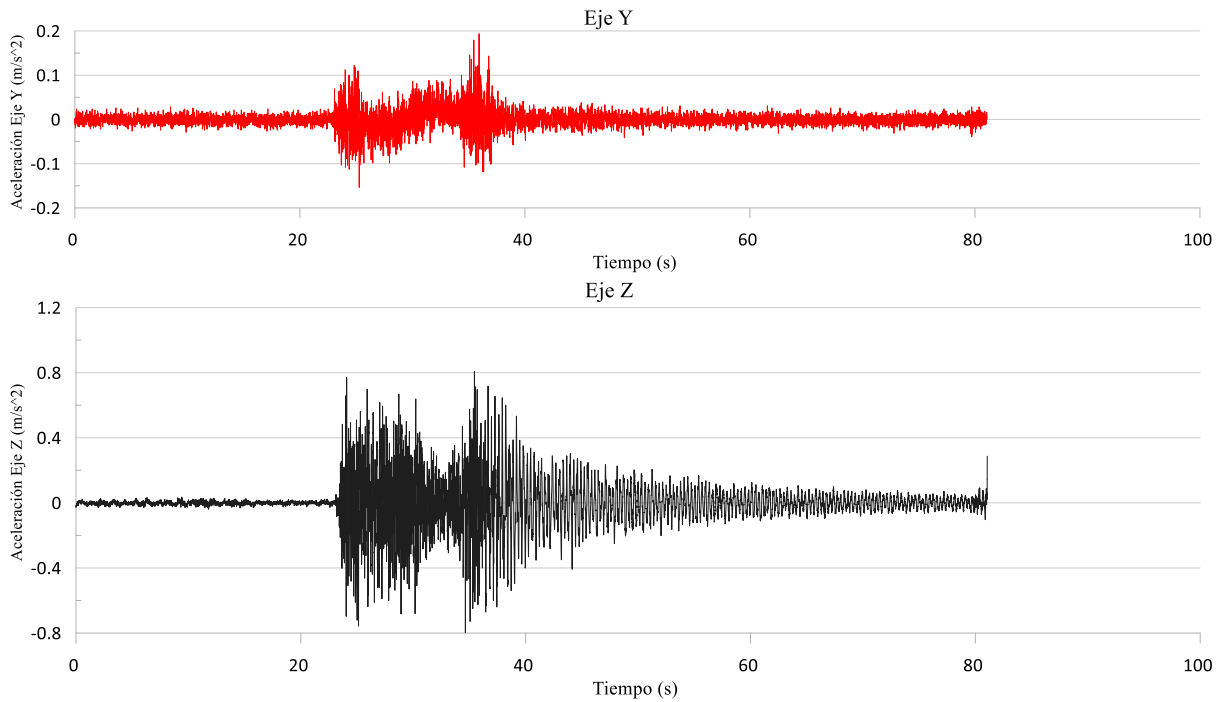


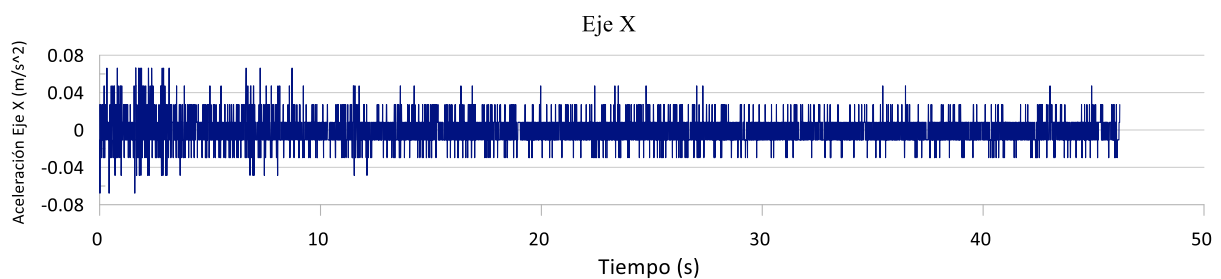
Figura 110. Registro de vibraciones Serie 01 punto P5, recolectado en la brida superior del puente, contiene 59973 muestras, con una duración de 81.0589 segundos, en los ejes X, Y y Z, bajo condiciones de vibración ambiental producida por paso de vehículos.

Tabla 81

Descripción de las fuentes de excitación del puente Cunyac del punto P2.

Vehículo	Tipo	Fuente excitadora					
	8x4 RB2 o similar						
	C3 o similar	→	1				
	Automovil	→	2				
Leyenda:	→	Vehículo atraviesa el puente desde Margen derecha a izquierda					
	←	Vehículo atraviesa el puente desde Margen izquierda a derecha					
	1,2, 3,... : orden de presencia de sobrecarga vehicular en el puente						

- Datos de vibración brida natural punto: P6



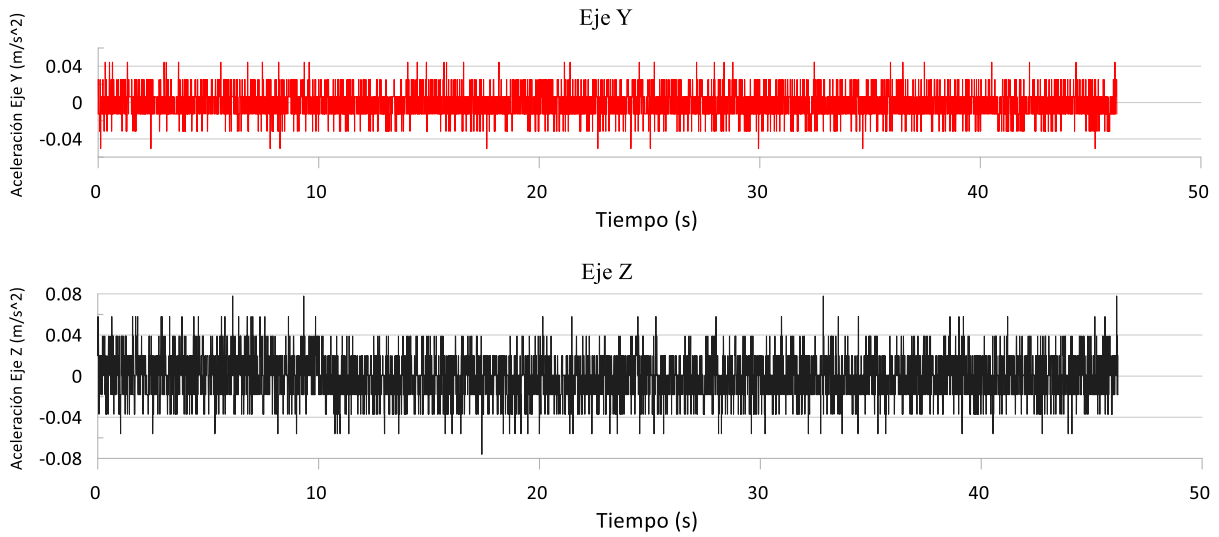


Figura 111. Registro de vibraciones Serie 01 punto P6, recolectado en la brida superior del puente, contiene 21042 muestras, con una duración de 43.187 segundos, en los ejes X, Y y Z, vibración ambiental.

- Datos de vibración ambiental producida por paso de vehículos punto: P6

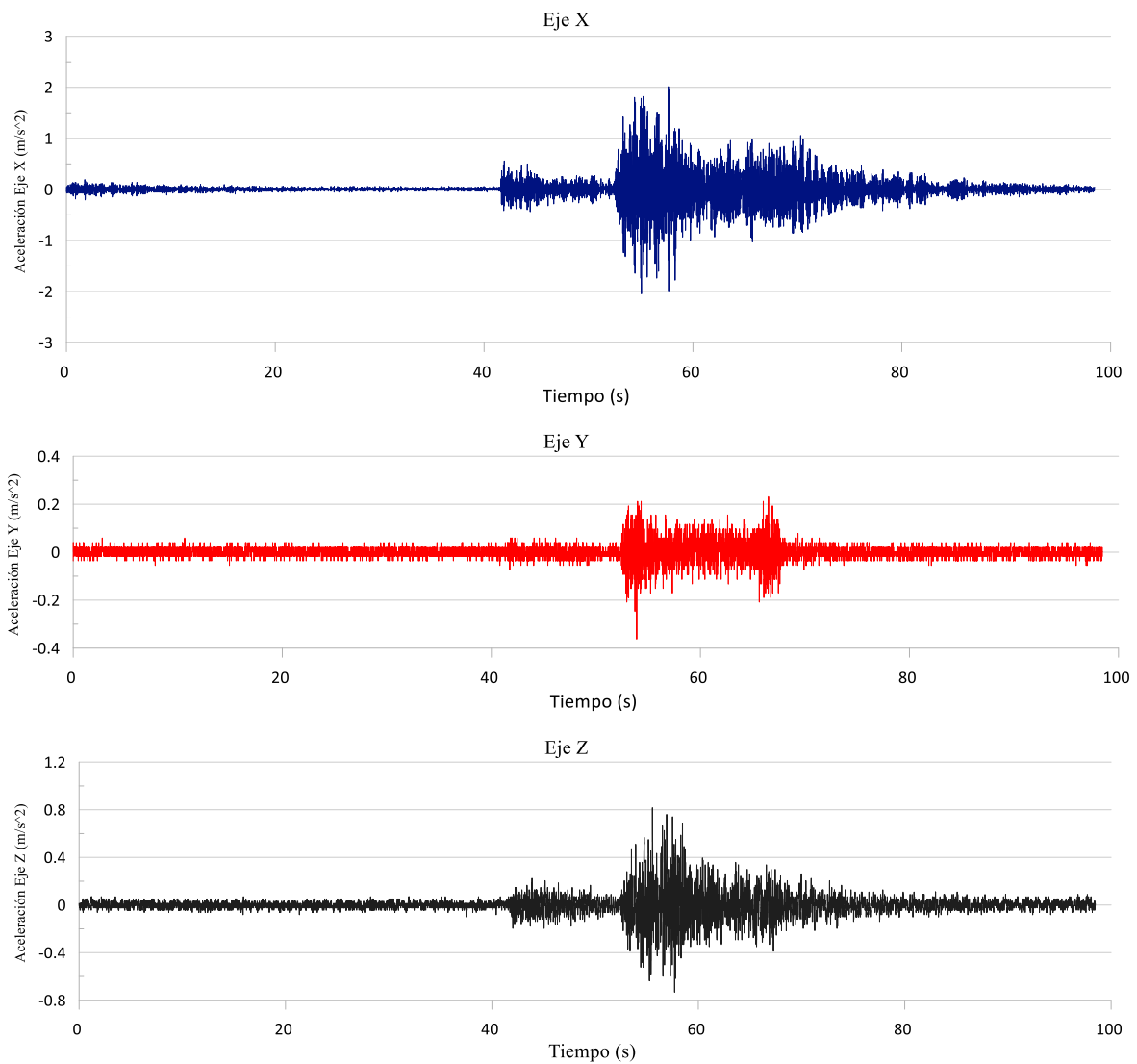


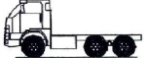






Figura 112. Registro de vibraciones Serie 01 punto P6, recolectado en la brida superior del puente, contiene 43434 muestras, con una duración de 98.463 segundos, en los ejes X, Y y Z, bajo condiciones de vibración ambiental producida por paso de vehículos.

Tabla 82

Descripción de las fuentes de excitación del puente Cunyac del punto P6.

Vehículo	Tipo	Fuente excitadora					
	8x4 RB2 o similar		2				
	C3 o similar						
	Automovil		1				
Leyenda:		Vehículo atraviesa el puente desde Margen derecha a izquierda					
		Vehículo atraviesa el puente desde Margen izquierda a derecha					
	1,2, 3,... : orden de presencia de sobrecarga vehicular en el puente						

- Datos de vibración ambiental punto: P7

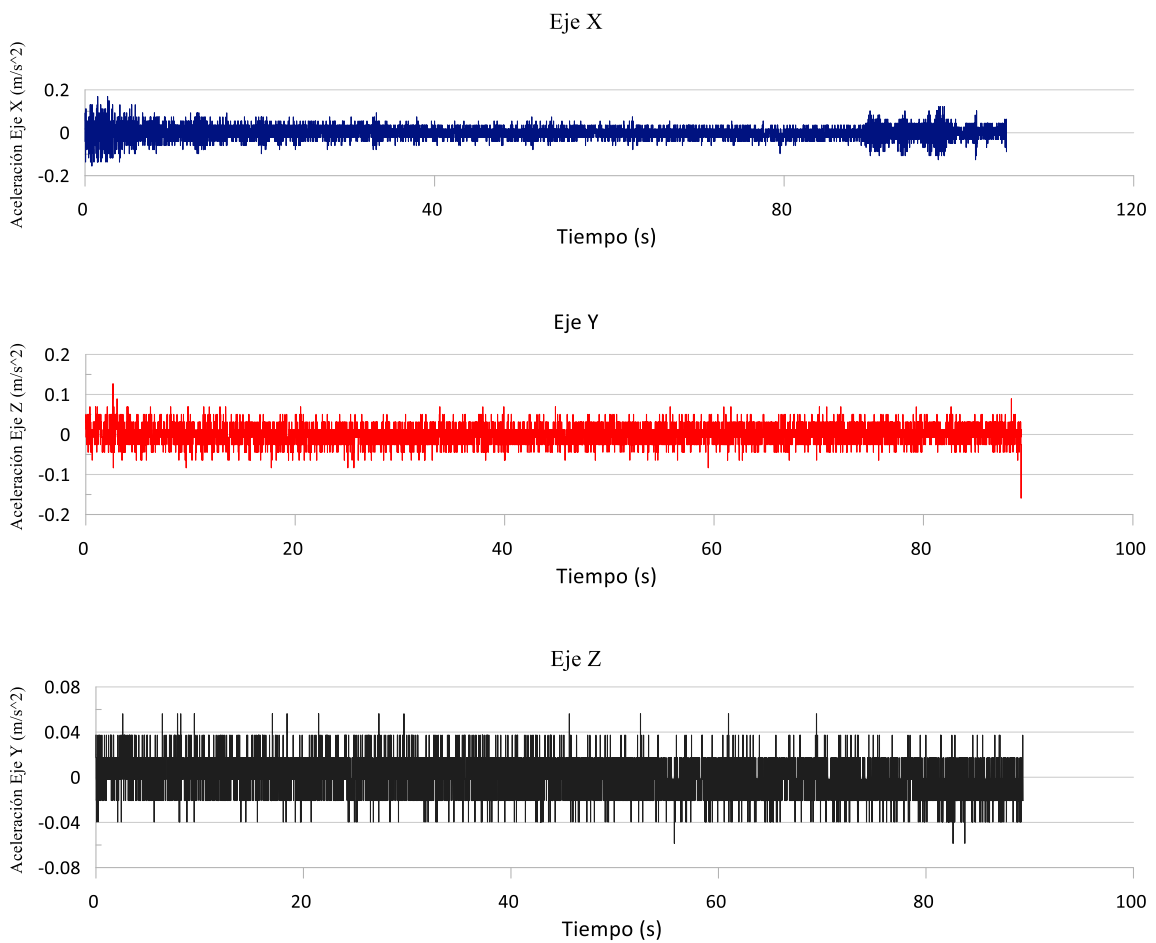


Figura 113. Registro de vibraciones Serie 01 punto P7, recolectado en la brida superior del puente, contiene 46533 muestras, con una duración de 105.449 segundos, en los ejes X, Y y Z, bajo condiciones de vibración ambiental producida por paso de vehículos

- Datos de vibración ambiental punto: P7

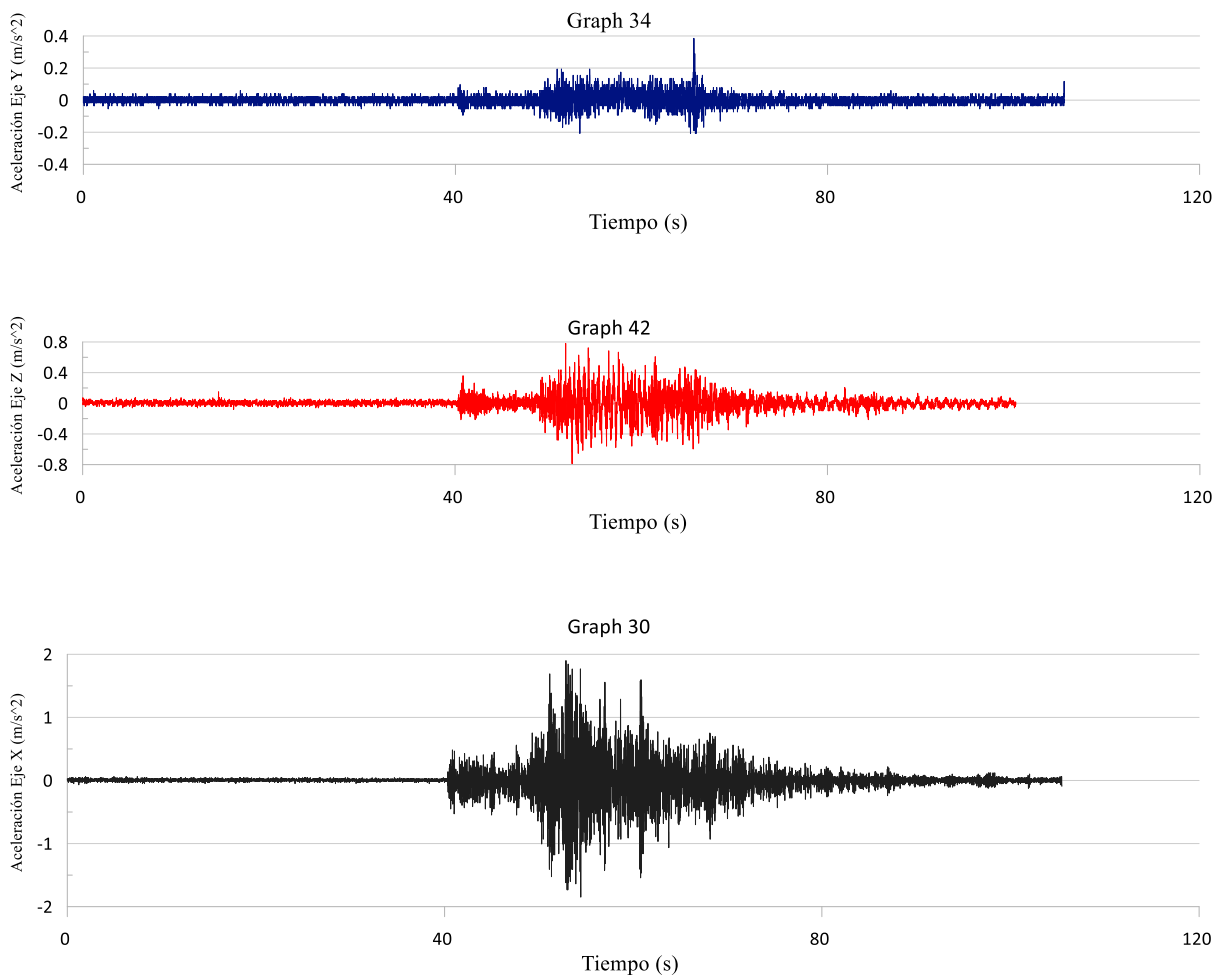


Figura 114. Registro de vibraciones Serie 01 punto P7, recolectado en la brida superior del puente, contiene 47583 muestras, con una duración de 99.123 segundos, en los ejes X, Y y Z, bajo condiciones de vibración ambiental producida por paso de vehículos.

Tabla 83

Descripción de las fuentes de excitación del puente Cunyac del punto P7.

Vehículo	Tipo	Fuente excitadora					
	8x4 RB2 o similar		3				
	C3 o similar		2				
	Automovil		1				
Legenda:		Vehículo atraviesa el puente desde Margen derecha a izquierda					
		Vehículo atraviesa el puente desde Margen izquierda a derecha					
		1,2, 3,... : orden de presencia de sobrecarga vehicular en el puente					

- Datos de vibración punto diagonal ABC:

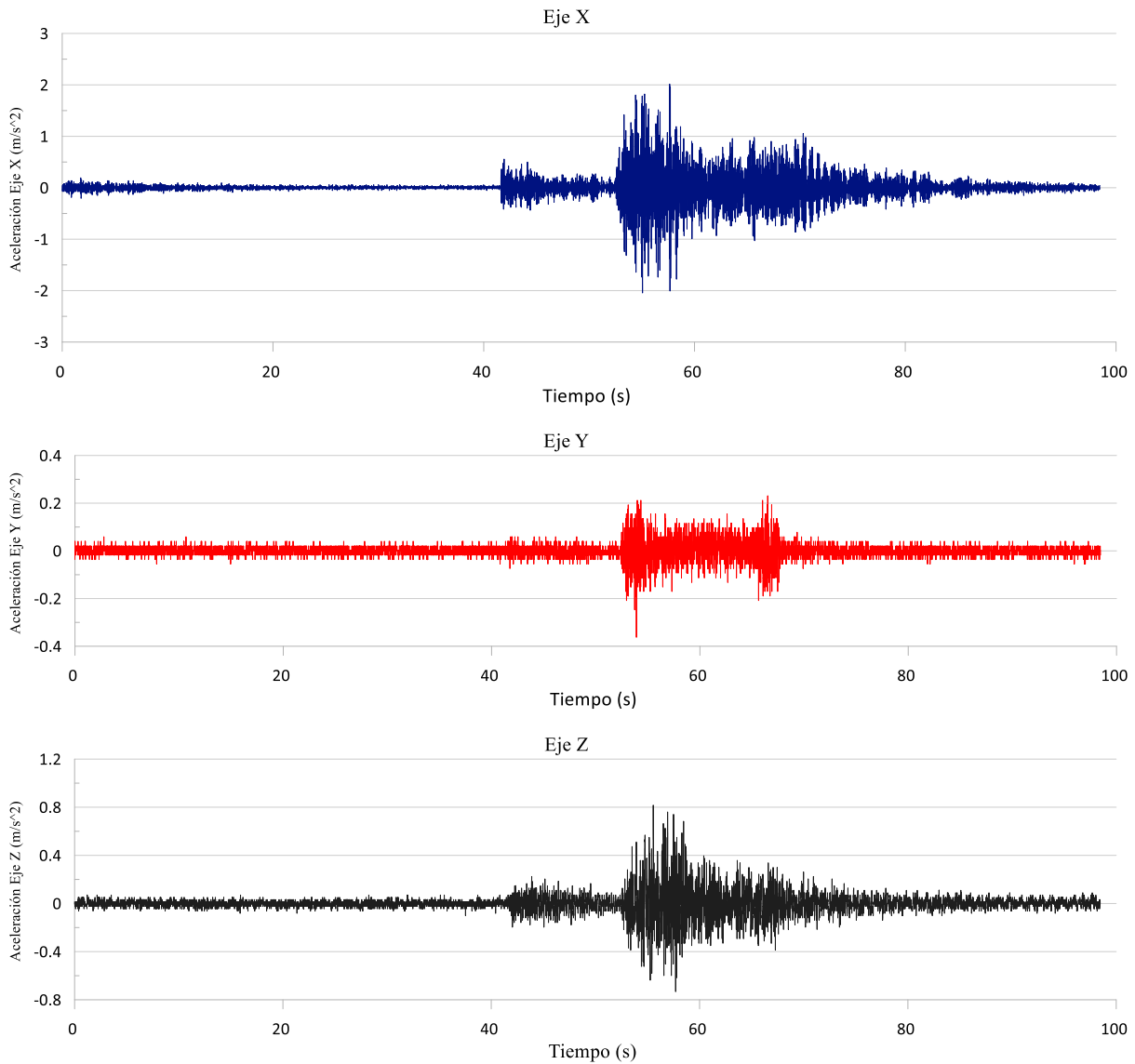


Figura 115. Registro de vibraciones Serie 01 punto DIAG ABC, recolectado en la brida superior del puente, contiene 60003 muestras, con una duración de 136.0283 segundos, en los ejes X, Y y Z, bajo condiciones de vibración ambiental y forzada.

Tabla 84

Descripción de las fuentes de excitación del puente Cunyac del punto DIAG. CUZ

Vehículo	Tipo	Fuente excitadora					
	8x4 RB2 o similar		1				
			2				
	C3 o similar						
	Automovil						
Leyenda:		Vehículo atraviesa el puente desde Margen derecha a izquierda					
		Vehículo atraviesa el puente desde Margen izquierda a derecha					
		1,2, 3,... : orden de presencia de sobrecarga vehicular en el puente					

- Datos de vibración natural y forzado punto: MED B

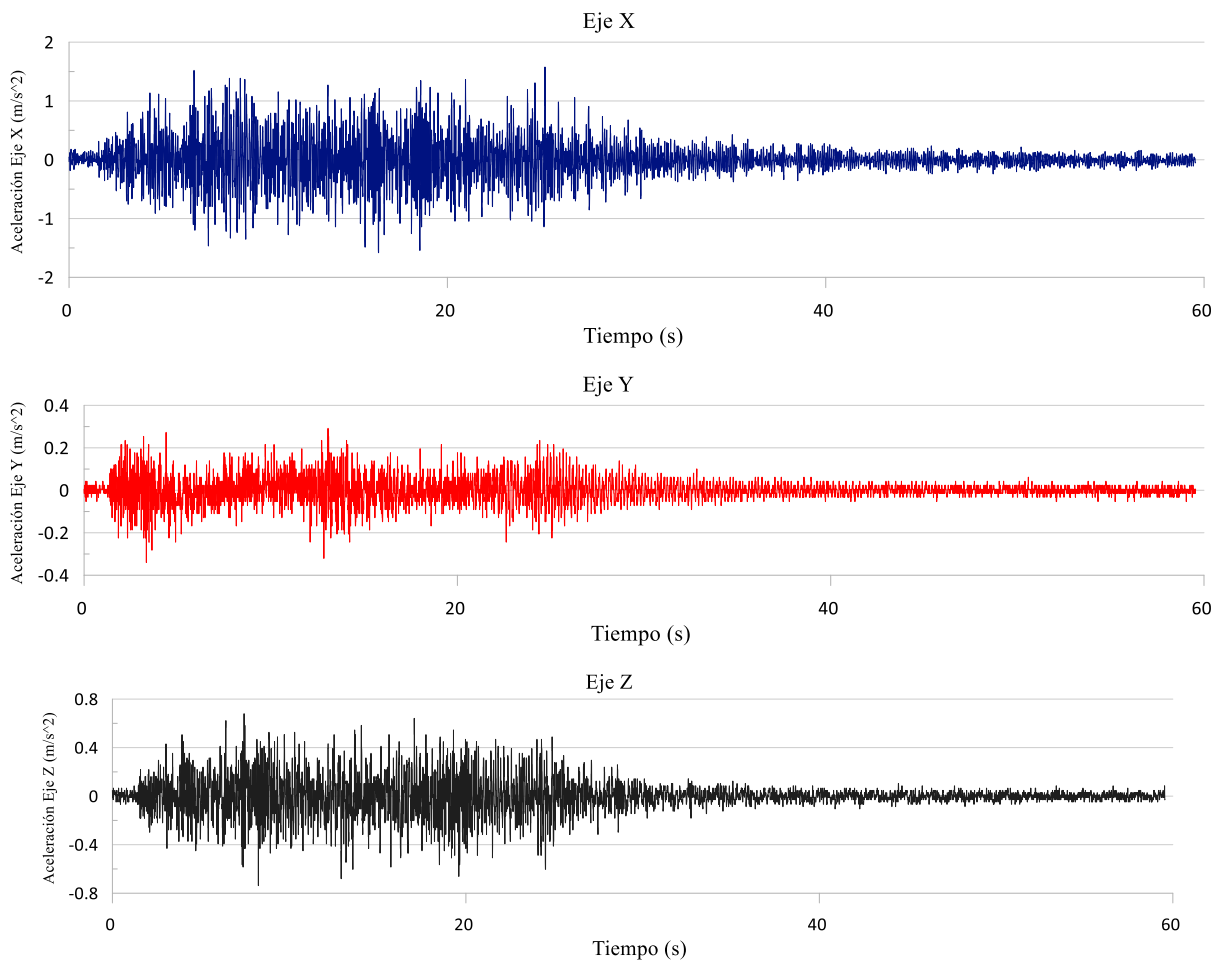


Figura 116. Registro de vibraciones Serie 01 punto MED B, recolectado en la brida superior del puente, contiene 25521 muestras, con una duración de 59.5529 segundos, en los ejes X, Y y Z, bajo condiciones de vibración ambiental y forzada.

Tabla 85

Descripción de las fuentes de excitación del puente Cunyac del punto MED. B.

Vehículo	Tipo	Fuente excitadora					
		1					
	8x4 RB2 o similar						
	C3 o similar						
	Automovil						
Leyenda:		Vehículo atraviesa el puente desde Margen derecha a izquierda					
		Vehículo atraviesa el puente desde Margen izquierda a derecha					
	1,2, 3,... : orden de presencia de sobrecarga vehicular en el puente						

2. Anexo procesamiento

a. Peso del Puente

- **Metrado de Cable Principal.**

Tabla 86

Metrado de carga muerta de cables principales

Tipo de acero	Ø mm	Cantida d	longitud de cable a lo largo de puente	kg/m	kg/m	Ton
				γ peso específico	peso de cable	
<i>Structural strand ASTM A586</i>	64	8	179.6245	20.3125	29188.9 8	29.189

- **Metrado de cable de péndolas**

Tabla 87

Metrado de carga muerta de las péndolas

Tipo de acero	Ø mm	Cantidad	longitud de cable a lo largo de puente	kg/m	kg/m	Ton
				γ peso específico	peso de cable	
<i>Structural strand ASTM A586</i>	34	1	111.948	5.61875	629.00782 5	0.62 90

- **Metrado estructura de la Torre**

Tabla 88
Metrado de carga muerta torre principal del puente Cunyac

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE PERFILES	longitud en milímetros	área de perfil mm ²	area m ²	LONGITUD m	FORMA DE LA SECCIÓN	γ específico t/m ³	PESO TOTAL DE ELEMENTO
PIE DE PILÓN	2	6792.0210	52600.0000	0.0526	6.7920		7.85	5.6090
PILÓN	2	6703.1700	52601.0000	0.052601	6.7032		7.85	5.5357
VIGA HORIZONTAL SUPERIOR	2	8600.0000	6141.6289	0.006141629	8.6000		7.85	0.8292
VIGA HORIZONTAL INFERIOR	2	4506.1160	4744.0699	0.00474407	4.5061		7.85	0.3356
ARRIOSTRE DIAGONAL DE PILON 1-2	2	22648.6234	2318.1339	0.002318134	22.6486		7.85	0.8243
SILLA DE CAMBIO DE DIRECCIÓN	2	0.0000	0.0000	0	0.0000		7.85	1.7694
PIE DE PILÓN	2	0.0000	0.0000	0	0.0000		7.85	5.0760
CONECTOR PILÓN [11] 500 x 655 x 20	4	20.0000	327500.0000	0.3275	0.0200		7.85	0.2057
CONECTOR DE PILÓN [12] 360 x 690 x 20	2	20.0000	211025.0000	0.211025	0.0200		7.85	0.0663
CONECTOR VIGA HORIZONTAL SUPERIOR [64] 120 x 275 x 15	2	15.0000	182824.2643	0.182824264	0.0150		7.85	0.0431
CONECTOR VIGA HORIZONTAL SUPERIOR [58] 200 x 280 x 60	7	60.0000	56000.0000	0.056	0.0600		7.85	0.1846
CONECTOR PILON - PIE DE PILÓN [56] 340 x 720 x 20	2	20.0000	213425.0000	0.213425	0.0200		7.85	0.0670
CONECTOR PILON - PIE DE PILÓN [54] 285 x 690 x 20	2	20.0000	187694.9582	0.187694958	0.0200		7.85	0.0589
CONECTOR PILON - PIE DE PILÓN [22] 460 x 600 x 20	4	20.0000	276000.0000	0.276	0.0200		7.85	0.1733
CONECTOR PILON - PIE DE PILÓN [22] 460 x 600 x 20	4			0	0.0000		8.85	0.0000
PESO TOTAL DE ESTRUCTURA DE LOS PILONES O TORRES DEL PUENTE COLGANTE CUNYAC								19.9793

- **Metrado de cable de viga de rigidez**

Tabla 89

Metrado de carga muerta de cables principales

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE PERFILES	longitud en milímetros	área de perfil mm2	area m2	LONGITUD m	FORMA DE LA SECCIÓN	γ específico tn/m3	PESO PARCIAL
CORDÓN SUPERIOR	4	6812.0000	6141.6289	0.00614	6.8120		7.85	1.3137
CORDÓN INFERIOR	4	6800.0000	6141.6289	0.00614	6.8000		7.85	1.3114
DIAGONALES	16	2441.0000	2318.1339	0.00232	2.4410		7.85	0.7107
MONTANTE	2	2400.0000	7024.8677	0.00702	2.4000		7.85	0.2647
baranda superior	4	6806.0000	1536.0000	0.00154	6.8060		7.85	0.3283
baranda inferior	4	6806.0000	931.0000	0.00093	6.8060		7.85	0.1990
ARRIOSTRES HORIZONTALES								
Ejes 0 -1 [19 - 20]	4	5095.0000	1903.9165	0.0019	5.0950		7.85	0.3046
Ejes 1 - 3 [25 - 26]	4	5095.0000	1903.9165	0.0019	5.0950		7.85	0.3046
Ejes 3 - 5 [21 - 22]	4	5095.0000	1354.9165	0.00135	5.0950		7.85	0.2168
Ejes 7.5 - 8 [24 - 23]	4	5095.0000	1903.9165	0.0019	5.0950		7.85	0.3046
CONECTORES ARRIOSTRE HORIZONTAL								
CONECTOR [34]	16	10	151800	0.1518	0.0100		7.85	0.1907
CONECTOR [39]	1	10.0000	523184.7339	0.52318	0.0100		7.85	0.0411

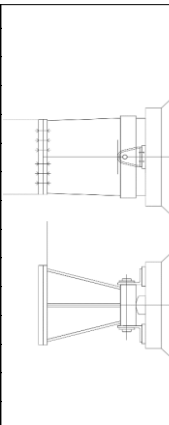
CONECTOR [54]	2	10.0000	169450.0000	0.16945	0.0100		7.85	0.0266
CONECTOR [54]2	2	10.0000	326950.0000	0.32695	0.0100		7.85	0.0513
CONECTOR [54]3	2	10.0000	437804.1367	0.4378	0.0100		7.85	0.0687
VIGA TRANSVERSAL EJE 0 DE SECCIÓN VARIABLE - EXTREMO						Ver detalle en tabla 97	7.85	0.6372
VIGA TRANSVERSAL DE APOYO ARRIOSTRES SIN APOYO DE ARRIOSTRE						Ver detalle en tabla 97	7.85	0.3988
VIGA TRANSVERSAL DE APOYO ARRIOSTRES DIAGONALES HORIZONTALES						Ver detalle en tabla 97	7.85	0.2447
PESO TOTAL DE MODULO DE VIGA DE RIGIDEZ EXTREMO								6.1544

- **Metrado de rótulas de pilones**

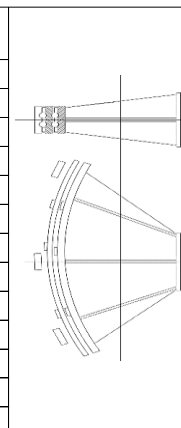
Tabla 90

Metrado de carga muerta de cables pilones y sillas de cambio de dirección

Metrado de Rótulas						
	veces	longitud	área	peso esp.	peso parcial	
		m	m ²	ton/m ³	ton	
barra curva inferior	1.000	2.390	0.021	3.75	0.187	
barra curva exterior	1.000	2.411	0.020	3.75	0.183	
3 barras superiores	3.000	0.200	0.021	3.75	0.047	
barras interiores externas	12.000	0.100	0.002	3.75	0.008	
barras interiores internas	6.000	0.100	0.001	3.75	0.003	
trapecio circular	1.000	0.040	1.381	3.75	0.207	
planchas de rigidez trapecio circular	1.000	0.025	0.458	3.75	0.043	
planchas de rigidez trapecio circular	1.000	0.025	0.458	3.75	0.043	
planchas de rigidez trapecio circular	1.000	0.025	0.458	3.75	0.043	
planchas de base	2.000	0.700	0.023	3.75	0.121	
peso silla cambio de dirección			0.885			
veces			4.000			



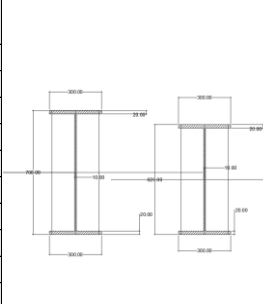
Metrado de silla de cambio de direccion						
	veces	longitud	área	peso esp.	peso parcial	
		m	m ²	ton/m ³	ton	
plancha base	1.000	0.760	0.112	3.75	0.319	
planchas de conexcion con pilon	2.000	0.700	0.023	3.75	0.121	
plancha de rotula	1.000	0.360	0.094	3.75	0.126	
plancha de soporte de pilon triangular	1.000	0.030	0.264	3.75	0.030	
plancha de soporte de pilon vertical	1.000	0.680	0.018	3.75	0.046	
perfiles de rotula	2.000	0.680	0.005	3.75	0.026	
planchas de base perfil rotula	2.000	0.680	0.005	3.75	0.026	
plancha inclinada	2.000	0.621	0.396	3.75	1.844	
contacto de rotula	1.000	0.141	0.011	3.75	0.006	
peso silla pie de pilon			2.538			
veces			4.000			



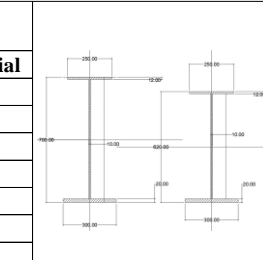
- **Metrado de Vigas transversales de sección variable**

Tabla 91
Metrado de vigas transversales

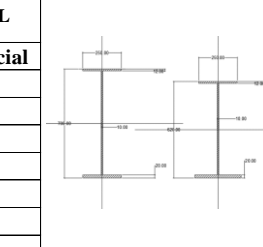
VIGA TRANSVERSAL EXTREMO					
	veces	longitud	area	peso esp.	peso parcial
		m	m2	ton/m3	ton
alma de perfil de seccion variable en extremo	2	0.010	2.713	3.75	0.203
ala superior de perfil extremo	2	4.139	0.006	3.75	0.186
ala inferior perfil extremo	2	4.030	0.006	3.75	0.181
rigidizador de carga vertical 628x135	4	0.015	0.085	3.75	0.019
rigidizador de carga vertical 608x135	4	0.015	0.082	3.75	0.018
rigidizador de carga vertical 588x155	4	0.015	0.091	3.75	0.021
rigidizador trapecoidal eje tipo 1	1	0.015	0.077	3.75	0.004
rigidizador trapecoidal eje tipo 2	1	0.015	0.068	3.75	0.004



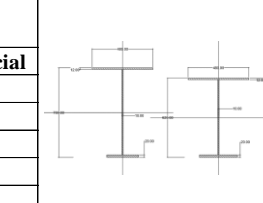
VIGA TRANVERSAL DE APOYO ARRIOSTRES DIAGONALES HORIZONTALES					
	veces	longitud	área	peso esp.	peso parcial
		m	m2	ton/m3	ton
alma de perfil de seccion variable en extremo	2	0.010	2.713	3.75	0.203
ala superior de perfil extremo	2	4.139	0.003	3.75	0.093
ala inferior perfil extremo	2	4.030	0.006	3.75	0.181
rigidizador de carga vertical 80*668	2	0.010	0.053	3.75	0.004
rigidizador de carga vertical 80x640	2	0.010	0.051	3.75	0.004
rigidizador de carga vertical 80*612	2	0.010	0.049	3.75	0.004



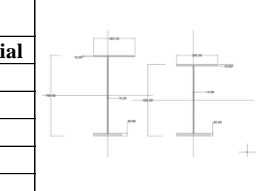
VIGA TRANVERSAL DE APOYO ARRIOSTRES SIN APOYO DE ARRIOSTRE DIAGONAL HORIZONTAL					
	veces	longitud	area	peso esp.	peso parcial
		m	m2	ton/m3	ton
alma de perfil de seccion variable en extremo	2	0.010	2.713	3.75	0.203
ala superior de perfil extremo	2	4.139	0.003	3.75	0.093
ala inferior perfil extremo	2	4.030	0.003	3.75	0.091
rigidizador de carga vertical 80*668	2	0.010	0.053	3.75	0.004
rigidizador de carga vertical 80x640	2	0.010	0.051	3.75	0.004
rigidizador de carga vertical 80*612	2	0.010	0.049	3.75	0.004



VIGA TRANVERSAL DE APOYO EJE DEL PUENTE					
	veces	longitud	área	peso esp.	peso parcial
		m	m2	ton/m3	ton
alma de perfil de seccion variable en extremo	2	0.010	2.713	3.75	0.203
ala superior de perfil extremo	2	4.139	0.006	3.75	0.179
ala inferior perfil extremo	2	4.030	0.003	3.75	0.091
rigidizador de carga vertical 235*668	8	0.020	0.053	3.75	0.032



VIGA TRANVERSAL DE APOYO EXTREMOS DEL EJE					
	veces	longitud	área	peso esp.	peso parcial
		m	m2	ton/m3	ton
alma de perfil de seccion variable en extremo	2	0.010	2.713	3.75	0.203
ala superior de perfil extremo	2	4.139	0.004	3.75	0.136
ala inferior perfil extremo	2	4.030	0.003	3.75	0.091
rigidizador de carga vertical 235*668	4	0.020	0.053	3.75	0.016



- **Metrado de losa del puente y superficie de desgaste del puente**

Tabla 92
Hoja de metrados de losa del puente y superficie de desgaste del puente Cunyac

METRADO DE CARPETA DE RODADURA PUENTE COLGANTE CUNYAC							
Elemento	longitud de tablero	area de sección	peso específico	volumen	peso de elemento	area de tablero	peso/area
	m	m2	Ton/m3	m3	tonf	m2	Ton/m2
concreto	110.476	1.722	2.400	190.273	456.654	795.427	0.574
asfalto	110.476	0.360	2.100	39.771	83.520	795.427	0.105
aislamiento	Dato proporcionado por Waagner Biro						0.012

- **Metrado de grapas de péndolas**

Tabla 93

Hoja de metrados de grapas y pinzas de péndolas del puente Cunyac

Grapa de Péndola y pinza de ejes 1, 2, 3, 4							
Elemento	Área	Longitud	Peso Esp.	Peso	veces	Peso parcial	Total
	m ²	m	ton/m ³	ton		ton	Ton
plancha lateral	0.015	0.400	3.750	0.023	2.000	0.046	0.160
plancha eje	0.026	0.400	3.750	0.039	1.000	0.039	
plancha de conexión con péndola	0.050	0.080	3.750	0.015	1.000	0.015	
pinza	0.000	0.000	3.750	0.000	5.000	0.060	
Grapa de Péndola y pinza de eje 5							
Elemento	Área	Longitud	Peso Esp.	Peso	veces	Peso parcial	Total
	m ²	m	ton/m ³	ton		ton	Ton
plancha lateral	0.016	0.300	3.750	0.018	2.000	0.035	0.135
plancha eje	0.026	0.300	3.750	0.029	1.000	0.029	
plancha de conexión con péndola	0.036	0.082	3.750	0.011	1.000	0.011	
pinza	0.000	0.000	3.750	0.000	5.000	0.060	
Grapa de Péndola 6							
Elemento	Área	Longitud	Peso Esp.	Peso	veces	Peso parcial	Total
	m ²	m	ton/m ³	ton		ton	Ton
plancha lateral	0.02	0.30	3.75	0.02	2.00	0.04	0.12
plancha eje	0.03	0.30	3.75	0.03	1.00	0.03	
plancha de conexión con péndola	0.04	0.08	3.75	0.01	1.00	0.01	
pasador de plancha	0.01	0.01	3.75	0.00	1.00	0.000159	
pendola rígida	0.18	0.03	3.75	0.02	2.00	0.04	
Grapa de Péndola 7							
Elemento	Área	Longitud	Peso Esp.	Peso	veces	Peso parcial	Total
	m ²	m	ton/m ³	ton		ton	Ton
plancha lateral	0.02	0.30	3.75	0.02	2.00	0.04	0.09
plancha eje	0.03	0.30	3.75	0.03	1.00	0.03	
plancha de conexión con péndola	0.04	0.08	3.75	0.01	1.00	0.01	
pasador de plancha	0.01	0.01	3.75	0.00	1.00	0.000159	
pendola rígida	0.07	0.03	3.75	0.01	2.00	0.02	
Grapa de Péndola eje de puente							
Elemento	Área	Longitud	Peso Esp.	Peso	veces	Peso parcial	Total
	m ²	m	ton/m ³	ton		ton	Ton
plancha lateral	0.015	0.580	3.750	0.034	2.000	0.067	0.150
plancha eje	0.026	0.600	3.750	0.058	1.000	0.058	
plancha triangular	0.165	0.040	3.750	0.025	1.000	0.025	

b. Combinaciones de carga AASHTO LRFD

- 1+ 1 Peso Propio (1.250) + Carga Asfalto (1.500) + HL-93(1.750)
- 1- 1Peso Propio (1.250) + Carga Asfalto (1.500) + HL-93(1.750)
- 2+ 1 Peso Propio (1.250) + Carga Asfalto (1.500) + HL -93 FATIGA (1.750)
- 2- 1 Peso Propio (1.250) + Carga Asfalto (1.500) + HL -93 FATIGA (1.750)



- 3+ 1 Peso Propio (1.250) + Carga Asfalto (1.500) + HL-93(1.350)
- 3- 1 Peso Propio (1.250) + Carga Asfalto (1.500) + HL-93(1.350)
- 4+ 1 Peso Propio (1.250) + Carga Asfalto (1.500) + HL -93 FATIGA (1.350)
- 4- 1 Peso Propio (1.250) + Carga Asfalto (1.500) + HL -93 FATIGA (1.350)
- 5+ 1 Peso Propio (1.250) + Carga Asfalto (1.500) +Carga de viento (1.000)
- 6+ 1 Peso Propio (1.250) + Carga Asfalto(1.500) +Carga de viento(-1.000)
- 7+ 1 Peso Propio(1.500) + Carga Asfalto(1.500)
- 8+ 1 Peso Propio (1.250) + Carga Asfalto (1.500) + HL-93 (1.350) + Carga de viento (1.000)
- 8- 1 Peso Propio (1.250) + Carga Asfalto (1.500) + HL-93 (1.350) + Carga de viento (1.000)
- 9+ 1 Peso Propio (1.250) + Carga Asfalto (1.500) + HL-93 (1.350) + Carga de viento (-1.000)
- 9- 1 Peso Propio (1.250) + Carga Asfalto (1.500) + HL-93 (1.350) + Carga de viento (-1.000)
- 10+1Peso Propio (1.250) + Carga Asfalto (1.500) + HL -93 FATIGA (1.350) + Carga de viento (1.000)
- 10-1 Peso Propio (1.250) + Carga Asfalto (1.500) + HL -93 FATIGA (1.350) + Carga de viento (1.000)
- 11+ 1 Peso Propio(1.250) + Carga Asfalto(1.500) + HL -93 FATIGA(1.350) + Carga de viento(-1.000)
- 11- 1 Peso Propio(1.250) + Carga Asfalto(1.500) + HL -93 FATIGA(1.350) + Carga de viento(-1.000)
- 12+ 1 Peso Propio(1.250) + Carga Asfalto(1.500) + HL-93(0.500) + Sismo XX(RS)(1.000)
- 12- 1 Peso Propio(1.250) + Carga Asfalto(1.500) + HL-93(0.500) + Sismo XX(RS)(1.000)
- 13+ 1 Peso Propio(1.250) + Carga Asfalto(1.500) + HL-93(0.500) + Sismo XX(RS)(-1.000)
- 13- 1 Peso Propio(1.250) + Carga Asfalto(1.500) + HL-93(0.500) + Sismo XX(RS)(-1.000)
- 14+ 1 Peso Propio(1.250) + Carga Asfalto(1.500) + HL-93(0.500) + Sismo YY(RS)(1.000)
- 14- 1 Peso Propio(1.250) + Carga Asfalto(1.500) + HL-93(0.500) + Sismo YY(RS)(1.000)
- 15+ 1 Peso Propio(1.250) + Carga Asfalto(1.500) + HL-93(0.500) + Sismo YY(RS)(-1.000)
- 15- 1 Peso Propio(1.250) + Carga Asfalto(1.500) + HL-93(0.500) + Sismo YY(RS)(-1.000)
- 16+ 1 Peso Propio(1.250) + Carga Asfalto(1.500) + HL -93 FATIGA(0.500) + Sismo XX(RS)(1.000)
- 16- 1 Peso Propio(1.250) + Carga Asfalto(1.500) + HL -93 FATIGA(0.500) + Sismo XX(RS)(1.000)
- 17+ 1 Peso Propio(1.250) + Carga Asfalto(1.500) + HL -93 FATIGA(0.500) + Sismo XX(RS)(-1.000)
- 17- 1 Peso Propio(1.250) + Carga Asfalto(1.500) + HL -93 FATIGA(0.500) + Sismo XX(RS)(-1.000)
- 18+ 1 Peso Propio(1.250) + Carga Asfalto(1.500) + HL -93 FATIGA(0.500) + Sismo YY(RS)(1.000)
- 18- 1 Peso Propio(1.250) + Carga Asfalto(1.500) + HL -93 FATIGA(0.500) + Sismo YY(RS)(1.000)
- 19+ 1 Peso Propio(1.250) + Carga Asfalto(1.500) + HL -93 FATIGA(0.500) + Sismo YY(RS)(-1.000)
- 19- 1 Peso Propio(1.250) + Carga Asfalto(1.500) + HL -93 FATIGA(0.500)+ Sismo YY(RS)(-1.000)

c. Resultados Análisis de Elementos Finitos.

c.2.1. Resultado de Fuerzas Internas del Puente Cunyac

c.2.1.1. Fuerzas Internas en elementos tipo barra

i. Fuerzas internas producidas por Peso Propio

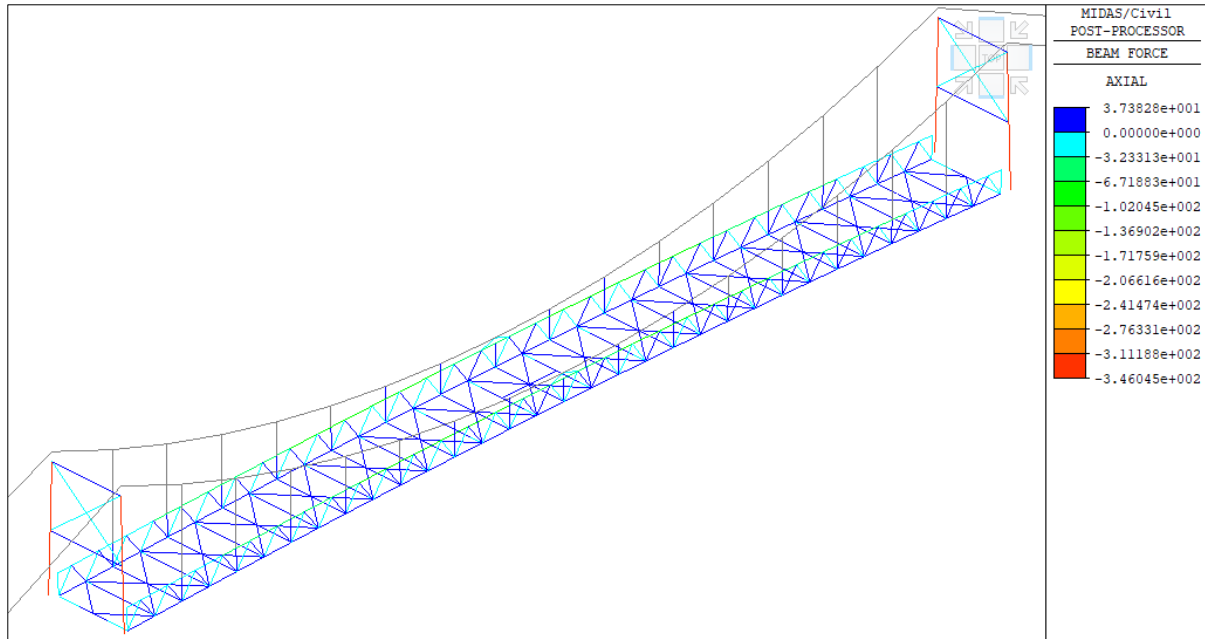


Figura 117. Resultados de fuerza axiales debido a Peso Propio

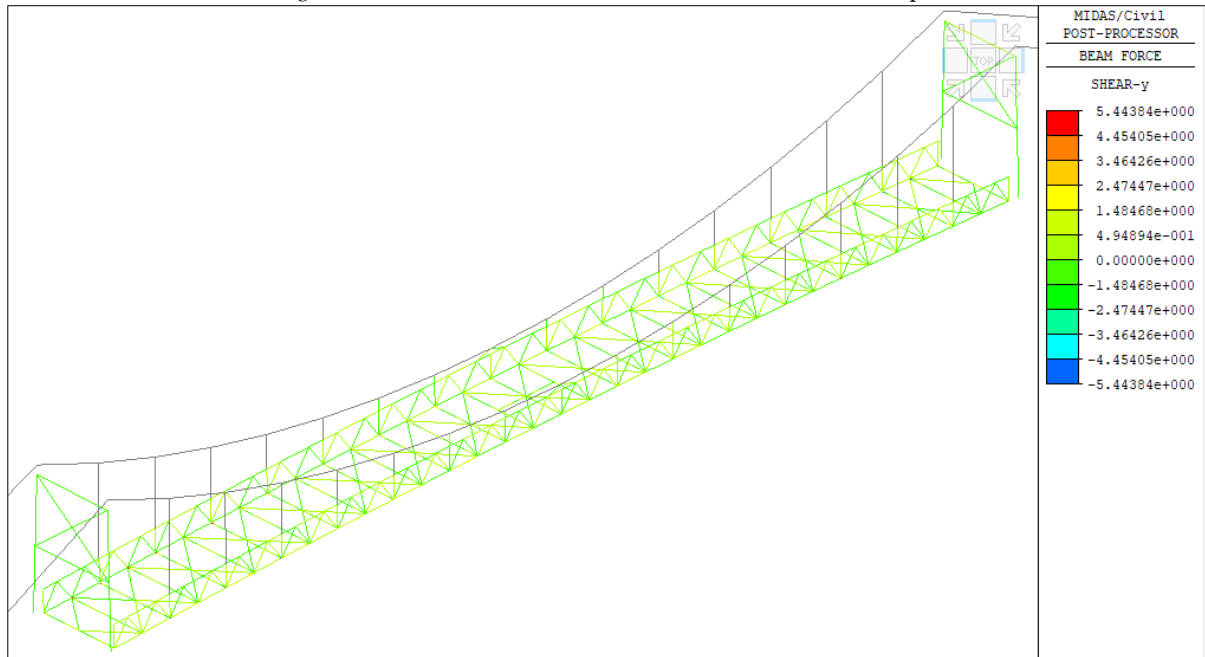


Figura 118. Resultados de fuerzas cortantes en el eje Y debido a Peso Propio

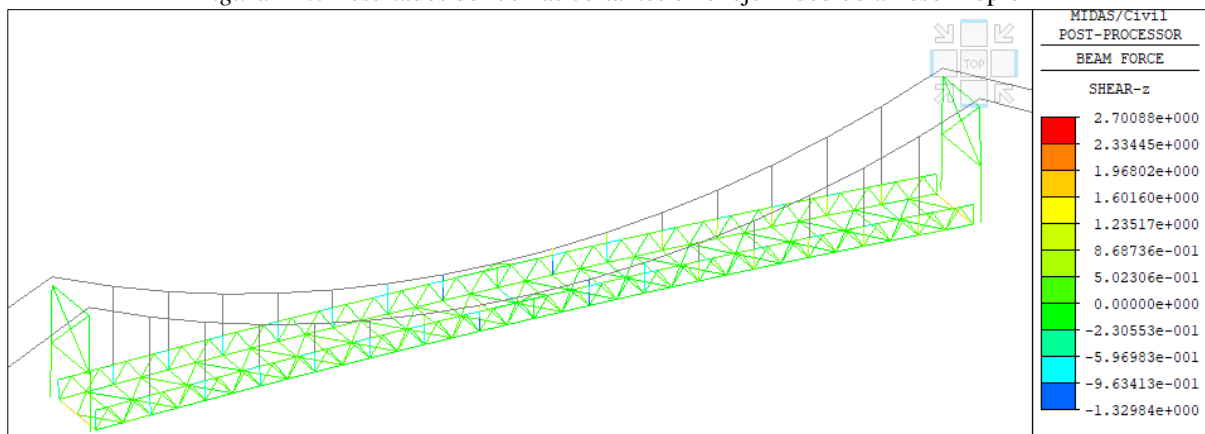


Figura 119. Resultados de fuerzas cortantes en el eje Z debido a Peso Propio

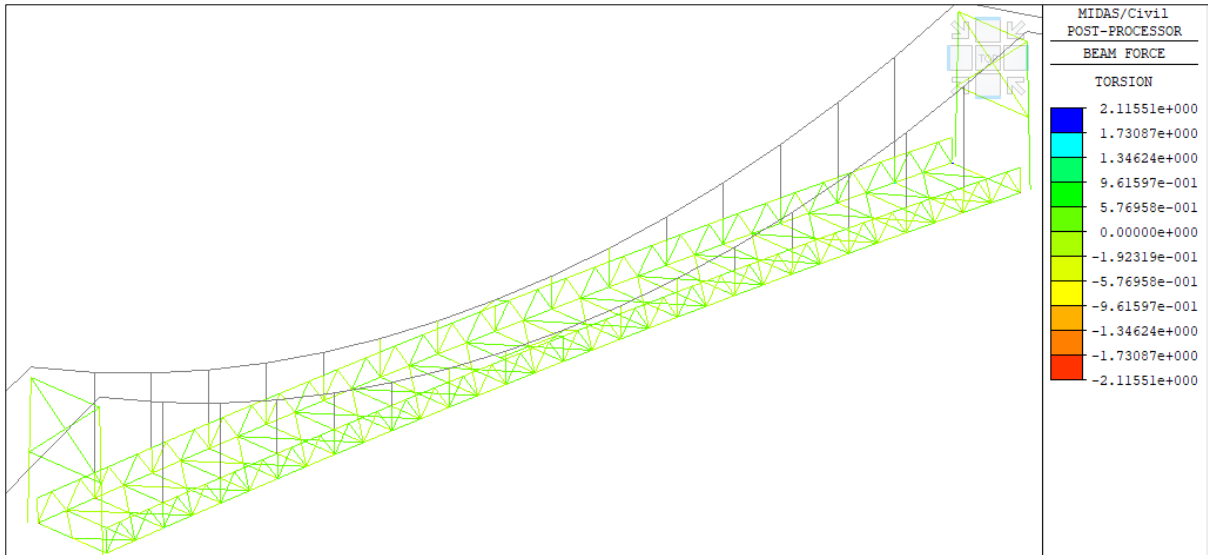


Figura 120. Resultados de momentos en el eje X debido a Peso Propio

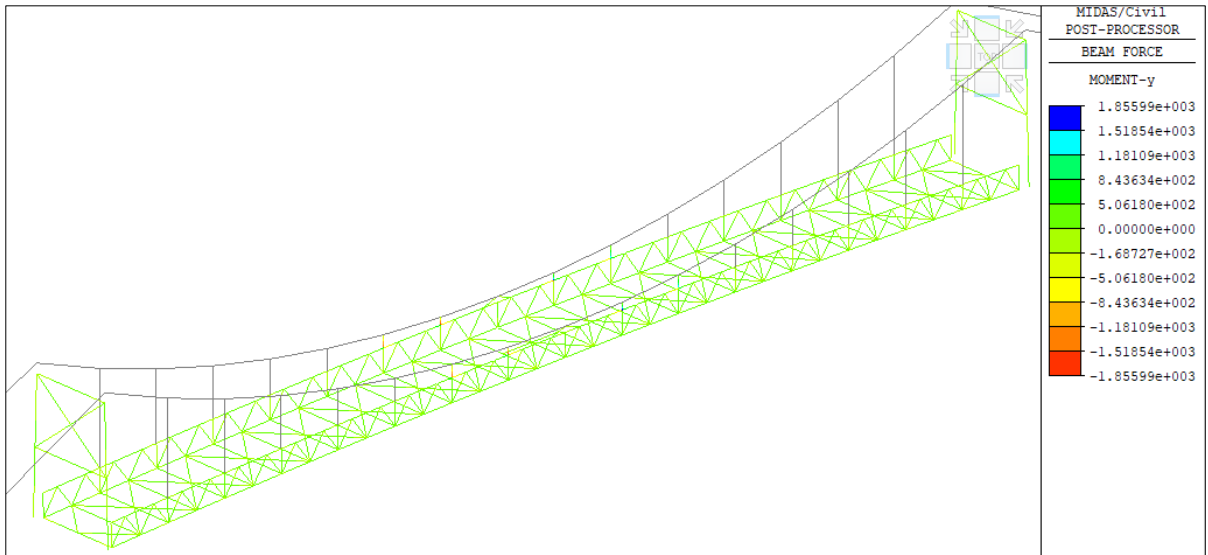


Figura 121. Resultados de momentos en el eje Y debido a Peso Propio

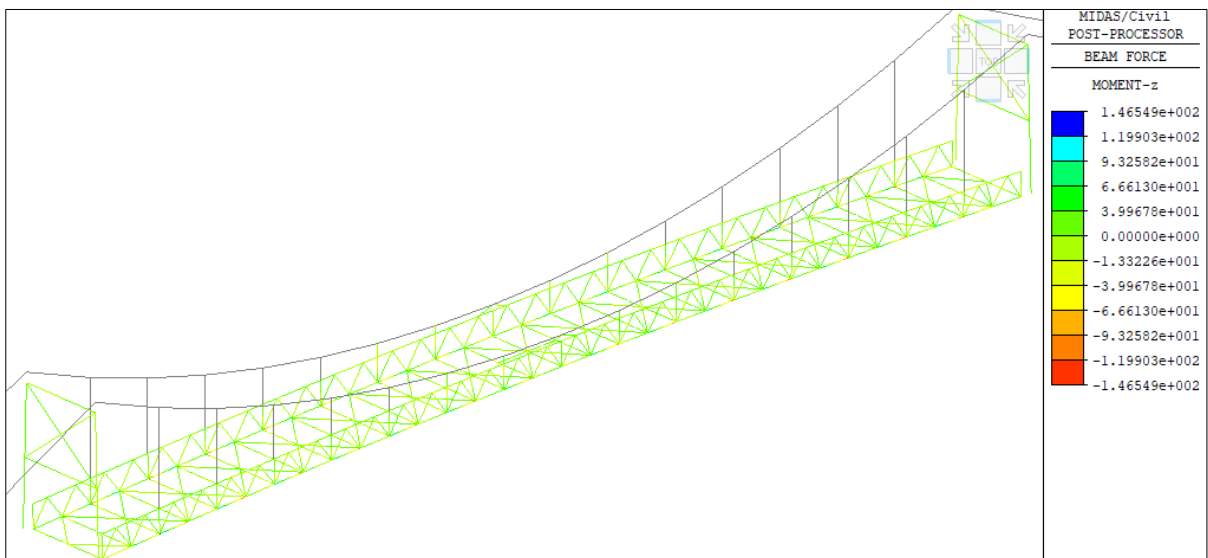


Figura 122. Resultados de momentos en el eje Z debido a Peso Propio



ii. Fuerzas internas producidas por carga de asfalto

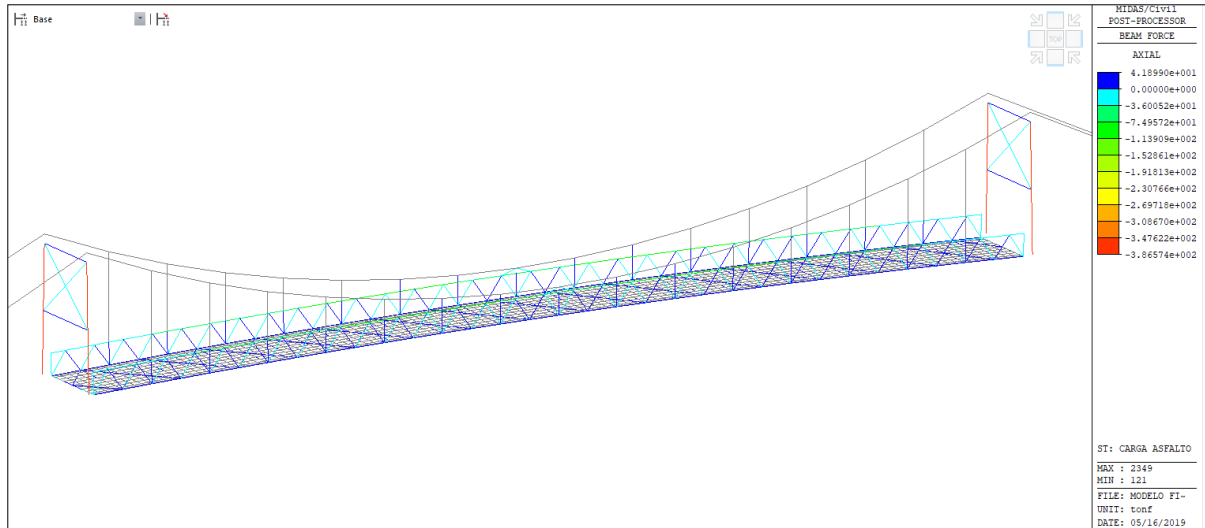


Figura 123. Resultados de fuerzas axiales debido a cargas de asfalto

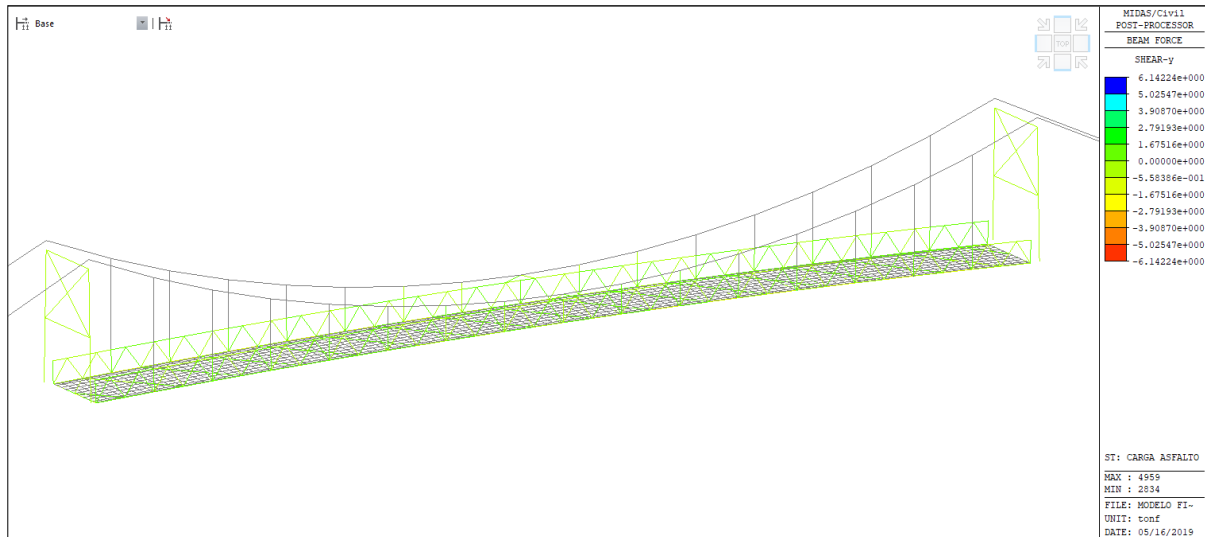


Figura 124. Resultados de fuerzas cortantes en el eje Y debido a carga de asfalto.

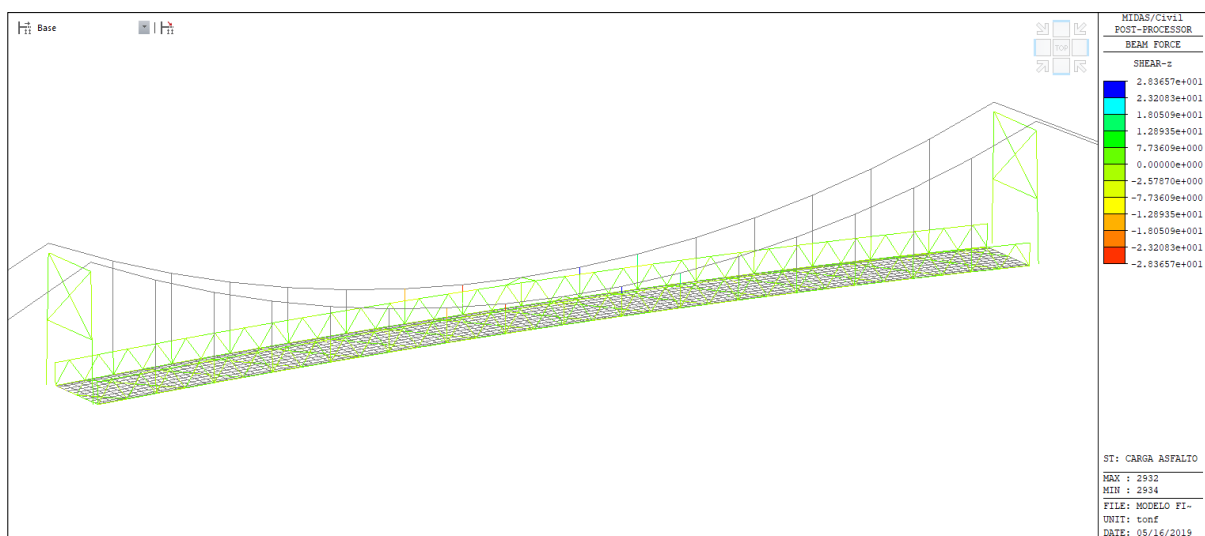


Figura 125. Resultados de fuerza cortantes en el eje Z debido a carga de asfalto

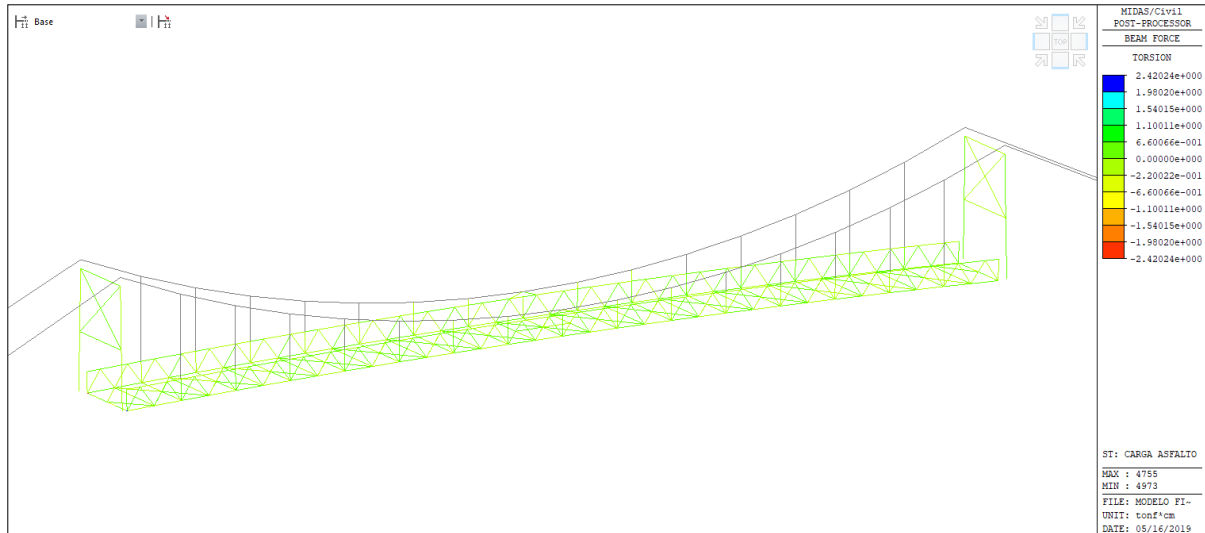


Figura 126. Resultados de momentos en el eje X debido a carga de asfalto

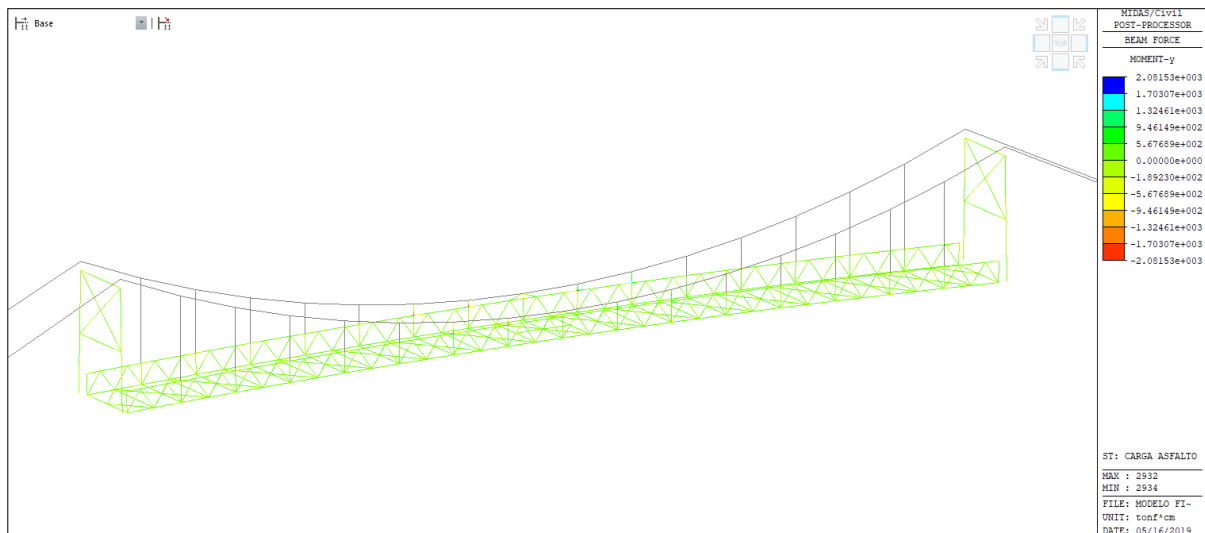


Figura 127. Resultados de momentos en el eje Y debido a carga de asfalto

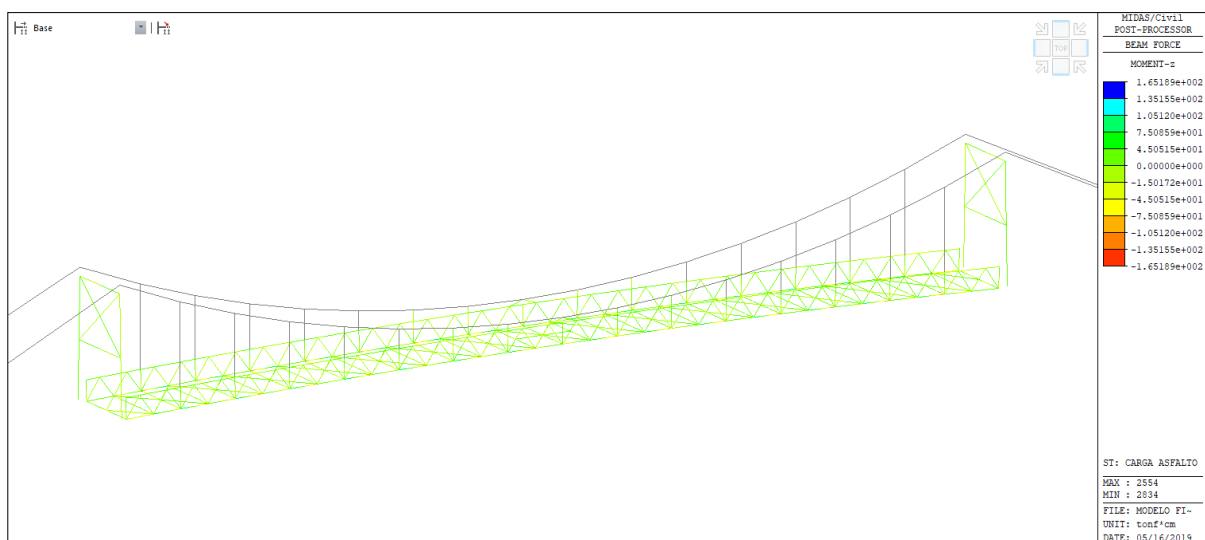


Figura 128. Resultados de momentos en el eje Z debido a carga de asfalto



iii. Fuerzas internas producidas por carga de viento

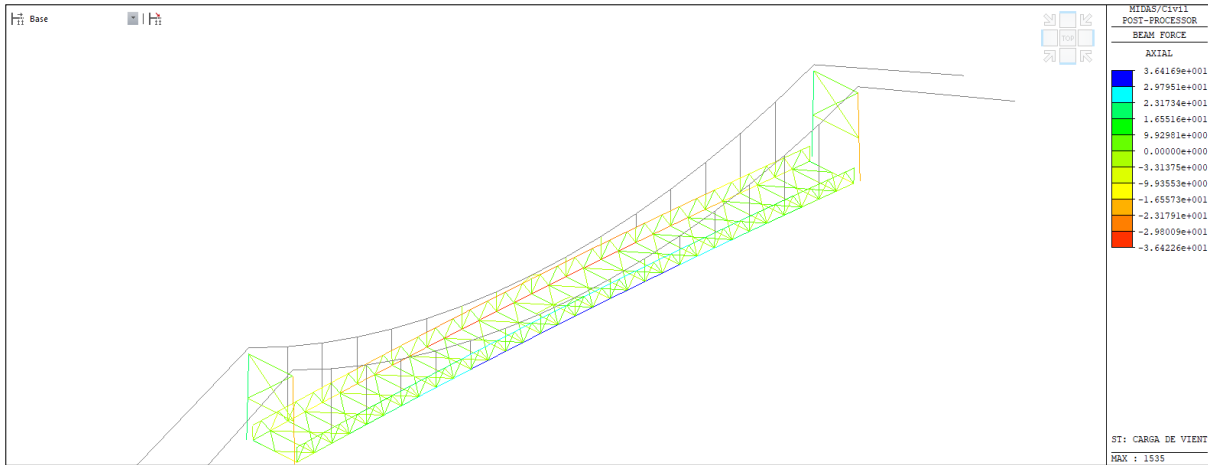


Figura 129. fuerzas internas axiales producidas por carga de viento

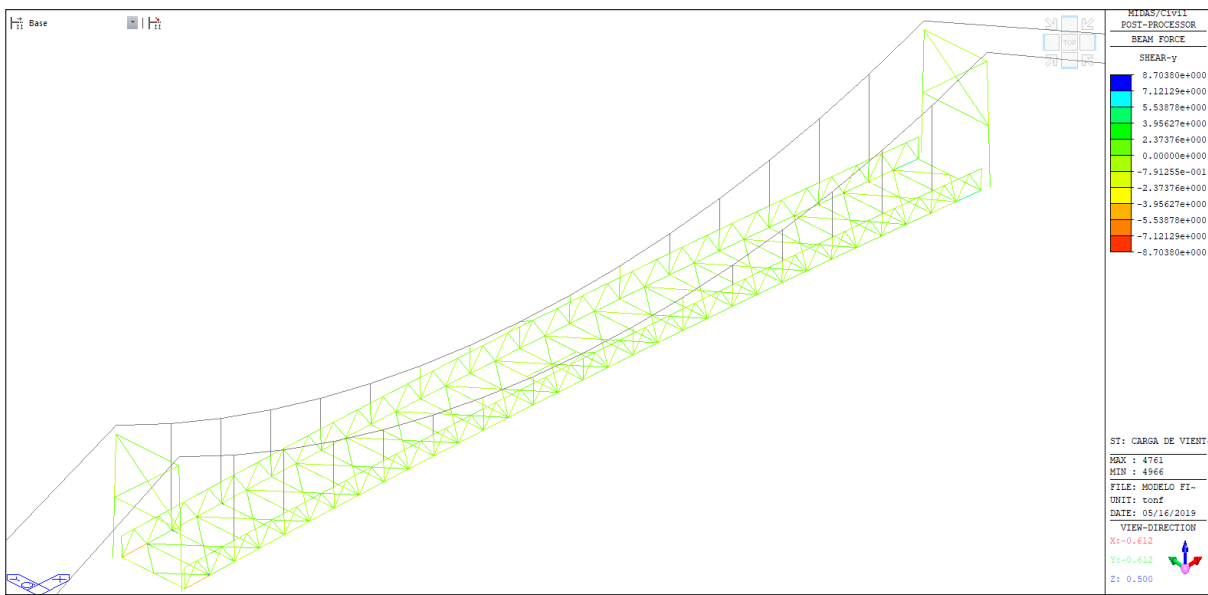


Figura 130. Fuerzas internas cortantes en el eje “Y” producidas por carga de viento

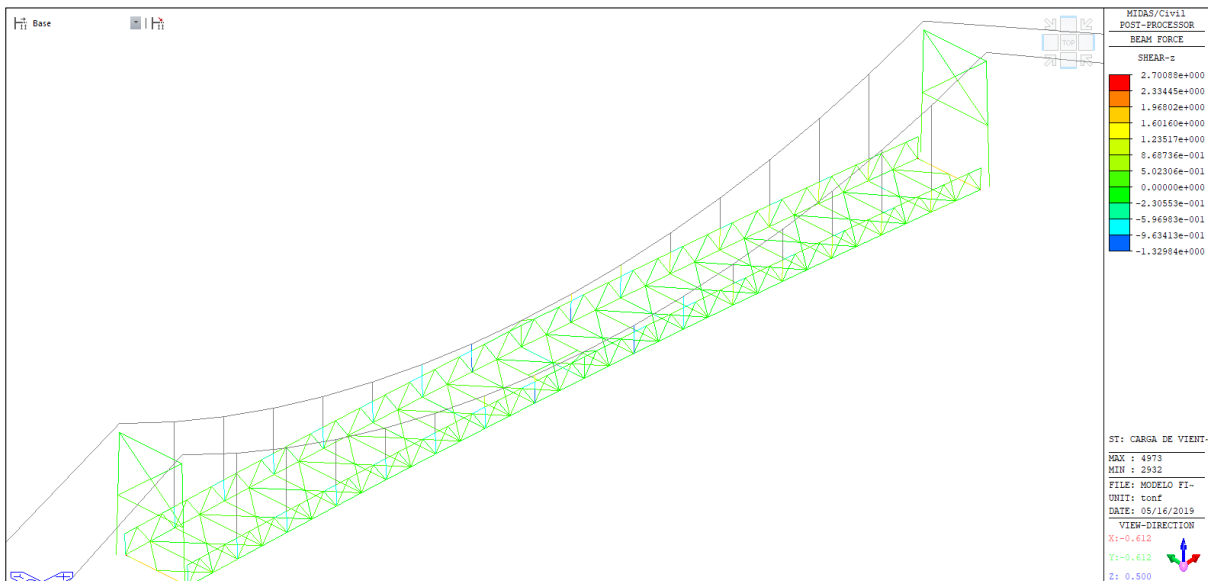


Figura 131. Fuerzas internas cortantes en el eje “Z” producidas por carga de viento

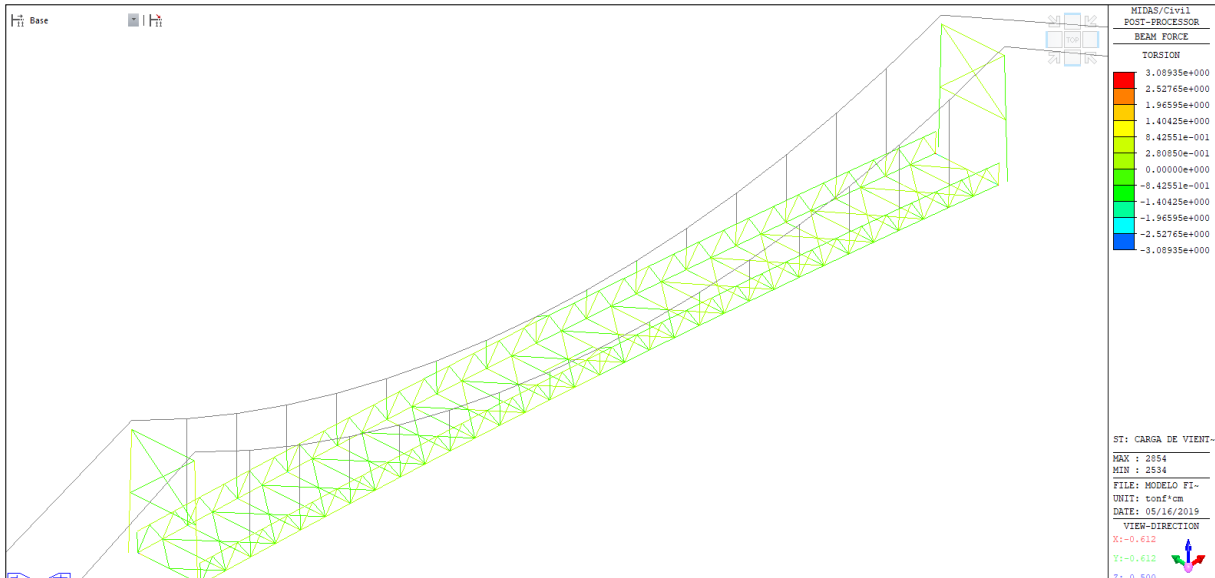


Figura 132. Momentos flectores en el eje "X" producidas por carga de viento

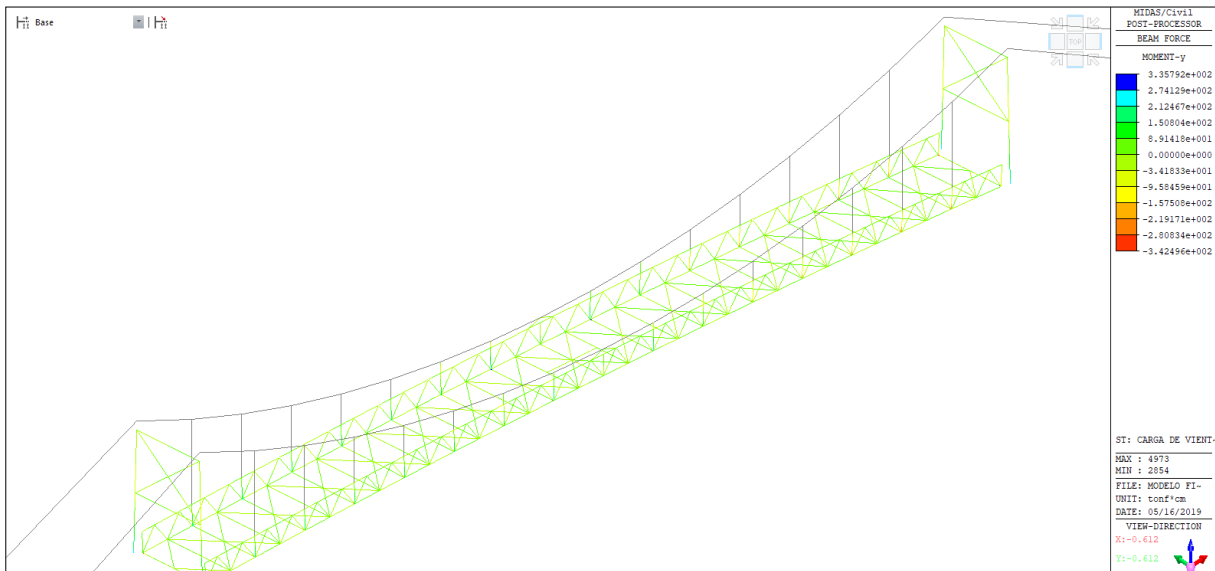


Figura 133. Momentos flectores en el eje "Y" producidas por carga de viento

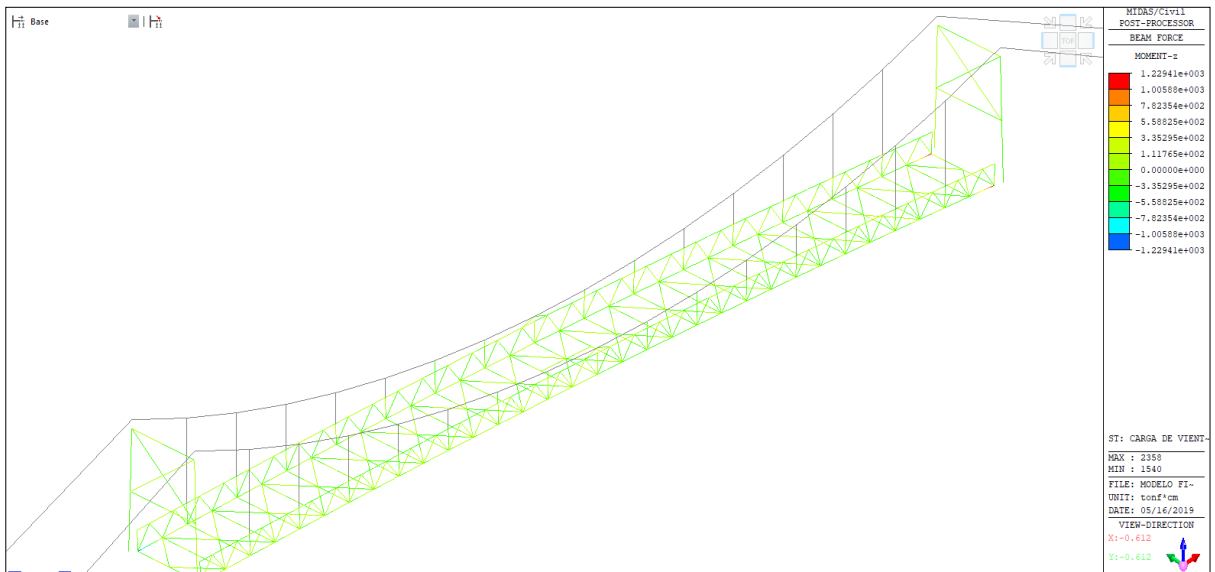


Figura 134. Momentos flectores en el eje "Z" producidas por carga de viento



iv. Fuerzas internas producidas por carga sísmica en Dirección XX

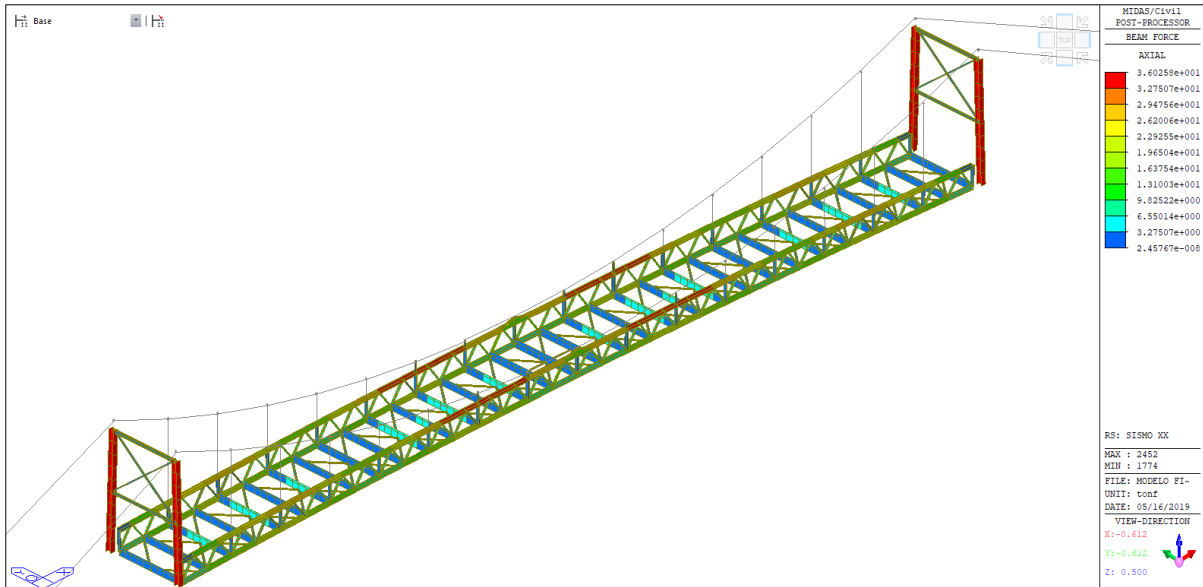


Figura 135. Fuerzas axiales producidas por carga sísmica en XX

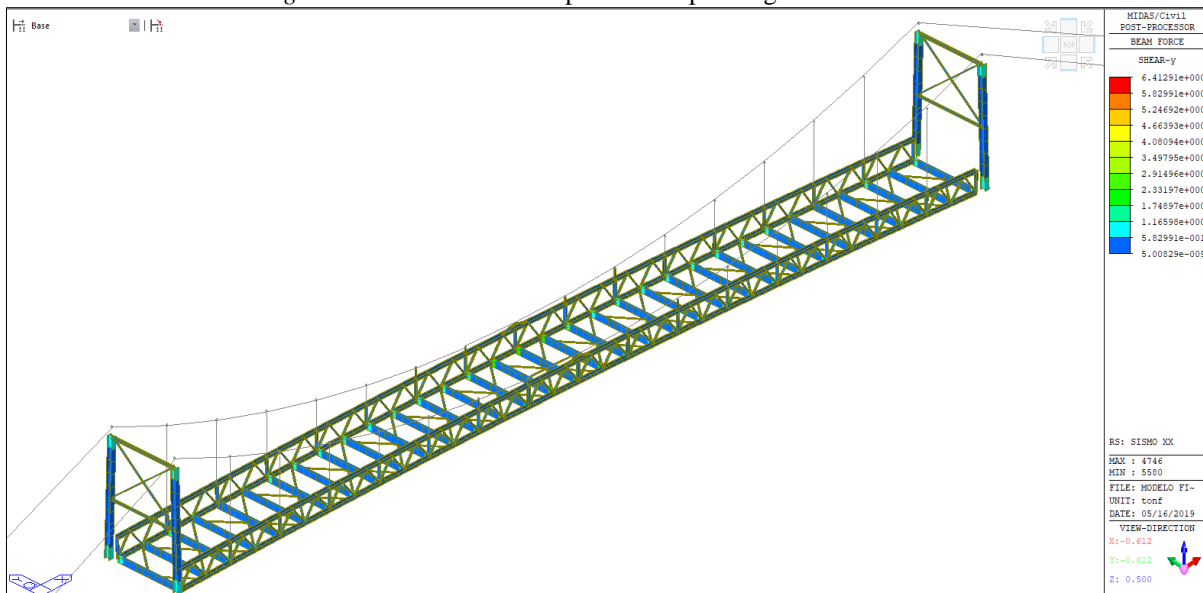


Figura 136. Fuerzas internas cortantes en el eje "Y" producidas por carga sísmica en XX

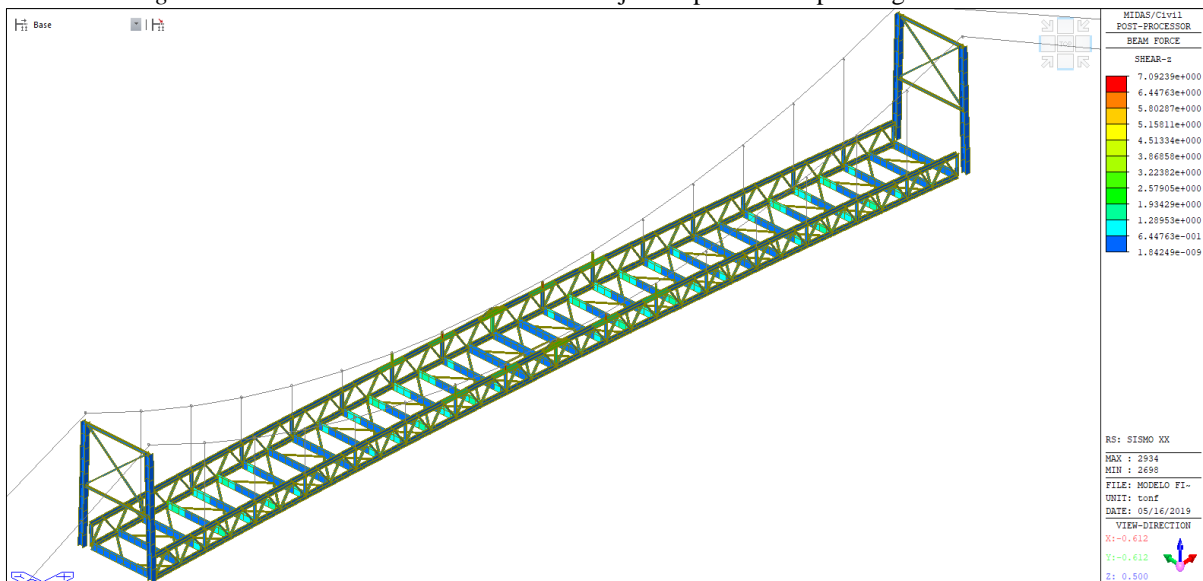


Figura 137. Fuerzas internas cortantes en el eje "Z" producidas por carga sísmica en XX.

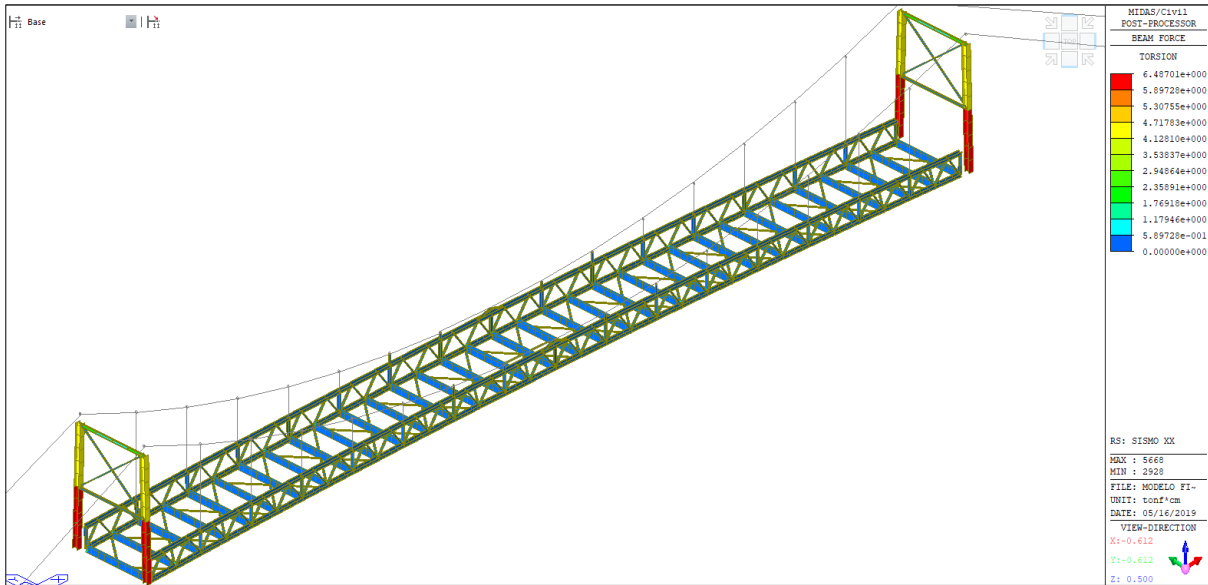


Figura 138. Momentos flectores en el eje "X" producidas por carga sísmica en XX.

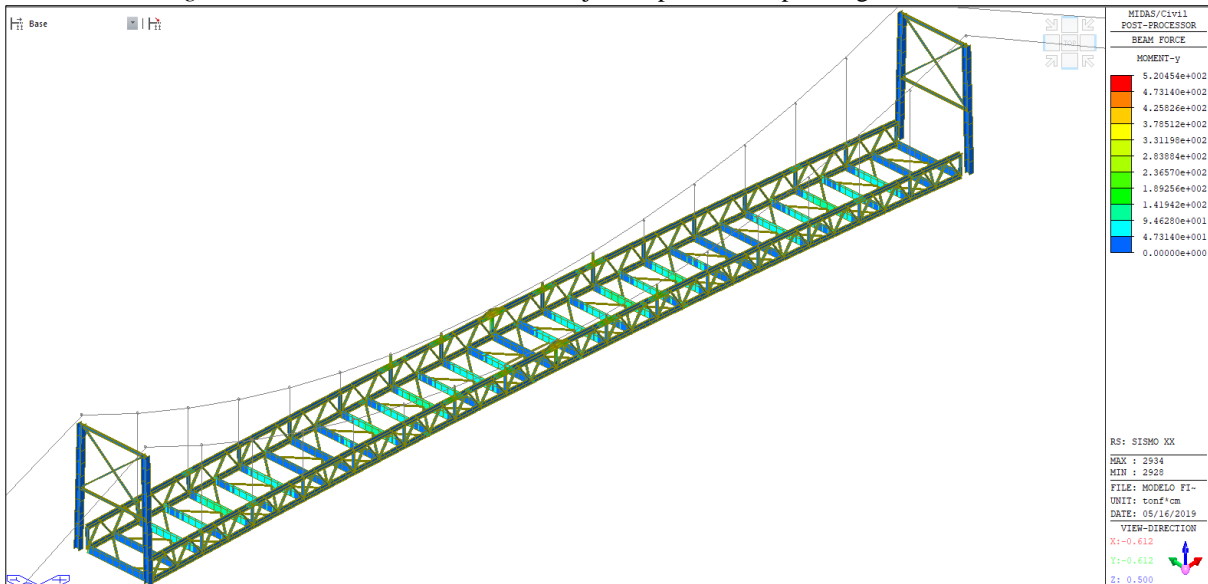


Figura 139. Momentos flectores en el eje "Y" producidas por carga sísmica en XX.

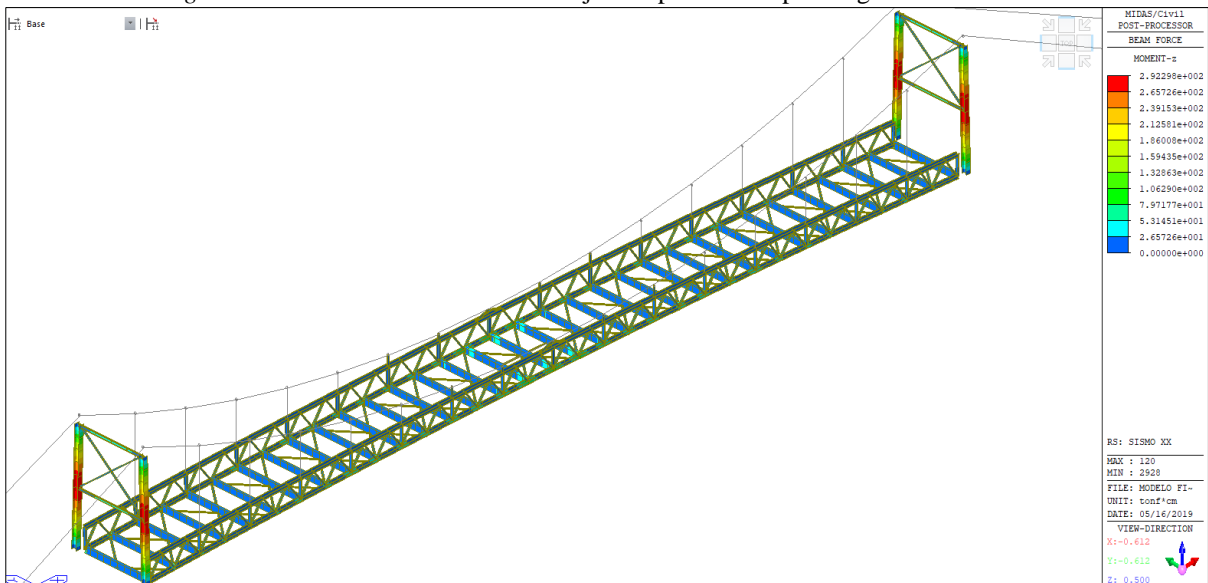


Figura 140. Momentos flectores en el eje "Z" producidas por carga sísmica en XX



v. **Fuerzas internas resultante producidas por carga sísmica en dirección YY**