

## **Modeling and seismic assessment of left tower of church “Santuario del Espíritu Santo y de Nuestra Señora de Guadalupe”.**

### **Modelización y evaluación sísmica de la torre izquierda de la iglesia “Santuario del Espíritu Santo y de Nuestra Señora de Guadalupe”.**

**Autor:**

Huiñisaca Quishpe, Alex Santiago  
UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA  
Egresado de la Maestría en Ingeniería Civil con Mención en Estructuras Sismo Resistentes,  
de la Universidad Católica De Cuenca  
Cuenca – Ecuador



[alex.huinisaca.79@est.ucacue.edu.ec](mailto:alex.huinisaca.79@est.ucacue.edu.ec)



<https://orcid.org/0000-0001-6293-5053>

Maldonado Noboa, Juan Sebastián  
UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA  
Coordinador Académico de la Maestría en Ingeniería Civil con Mención en Estructuras  
Sismo Resistentes, Unidad Académica de Posgrados.  
Cuenca – Ecuador



[jmaldonado@ucacue.edu.ec](mailto:jmaldonado@ucacue.edu.ec)



<https://orcid.org/0000-0001-5329-2201>

Maldonado Noboa, Cesar Humberto  
UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA  
Coordinador Académico de la Maestría en Ingeniería Civil con Mención en Estructuras  
Sismo Resistentes, Unidad Académica de Ingeniería industria y construcción.  
Cuenca – Ecuador



[cmaldonadon@ucacue.edu.ec](mailto:cmaldonadon@ucacue.edu.ec)



<https://orcid.org/0000-0003-0383-5460>

Citación/como citar este artículo: Huiñisaca, A., Maldonado, J. y Maldonado, C. (2023). Modelización y evaluación sísmica de la torre izquierda de la iglesia “Santuario del Espíritu Santo y de Nuestra Señora de Guadalupe”. MQRInvestigar, 7(1), 2187-2209. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.1.2023.2187-2209>

Fechas de recepción: 01-FEB-2023 aceptación: 24-FEB-2023 publicación: 15-MAR-2023



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>

## Resumen

La preservación de estructuras emblemáticas es un esfuerzo de la sociedad en general a través de sus instituciones públicas y privadas, con la visión de prolongar la vida útil de construcciones patrimoniales, en este sentido se toma como estudio la Iglesia de Baños de nombre “Santuario del Espíritu Santo y de Nuestra Señora de Guadalupe”, que está ubicada en la parroquia rural Baños del Cantón Cuenca, provincia del Azuay. Fue construida entre 1950 y 1960. Por lo tanto, el objeto fundamental de este trabajo de investigación es comparar los resultados de la predicción de daño con la implementación de los modelos dinámicos y pruebas de vibración ambiental; en estructuras antiguas construidas con mediante muros de mampostería. Para esto se ha realizado la caracterización de materiales, mediante observación, levantamiento geométrico y pruebas de vibración ambiental, con esta investigación se reforzará la toma de medidas preventivas para salvaguardar el patrimonio arquitectónico y cultural, además de la integridad física de sus usuarios, esto a su vez permitirá establecer procesos de rehabilitación eficientes y económicos.

**Palabras claves:** Estructuras patrimoniales, estructuras de mampostería, monitoreo, salud estructural.

## Abstract

Emblematic structures preservation is an effort of society in general through its public and private institutions, with the vision of extending the useful life of heritage buildings. In this sense, the church of Baños called “Santuario del Espíritu Santo y Nuestra Señora de Guadalupe”. Which is located in a rural parish from Baños, Cuenca city, province of Azuay. It was built between 1950 and 1960. Therefore, the fundamental purpose of this research paper is to compare results of damage prediction with implementation of dynamic models and environmental vibration test; in old structures built with masonry walls. For this, characterization of materials has been carried out through observation, geometric survey and environmental vibration tests. With this research, taking preventive measures will be reinforced to safeguard architectural and cultural heritage, moreover physical integrity of its users, This, in turn, will allow efficient and economic rehabilitation processes to be established.

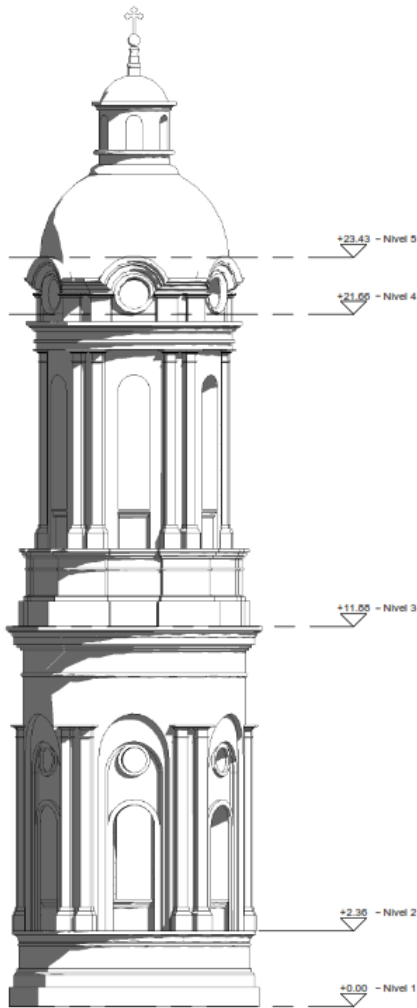
**Keywords:** Heritage structures, masonry structures, monitoring, structural health.

## Introducción

Las estructuras patrimoniales contribuyen a la cultura e historia de la ciudad de Cuenca. Por este motivo es necesario hacer un análisis de salud estructural para estas edificaciones; ya que, al tener varios años de antigüedad comienzan a llegar a su estado último de servicio. Debido a que Ecuador se encuentra localizado en el cinturón o anillo de fuego del pacífico, zona de mayor sismicidad en el mundo; además que la provincia de Cuenca es una zona donde existe movimientos de masas de gran magnitud y pueden asemejarse a los efectos de un terremoto, por los desplazamientos afectando las edificaciones de la edificación principalmente las patrimoniales.

Por todos estos motivos pretendemos hacer un análisis de salud estructural para determinar el nivel de afectación y el estado en el que se encuentra esta torre de la iglesia. Por esto en los últimos años en la Ciudad de Cuenca se ha realizado un importante esfuerzo por entender desde el punto de vista estructural el comportamiento de los edificios históricos, puesto que carecen de modelos computarizados y suposiciones utilizadas en el estudio de las estructuras modernas. Con el pasar del tiempo y con las acciones sísmicas presentes en nuestro país, las estructuras con más años de antigüedad tienden a presentar fallas como agrietamientos, desplomes y demás patologías estructurales en su estructura. Por este motivo se debería realizar análisis de salud estructural para determinar el grado que tienen de afectación y; además de esto, posibles refuerzos provisionales a estas estructuras. Los daños comunes en los elementos verticales suelen tener que ver con la degradación de morteros de muros por el ataque de sulfatos. Consecuentemente con esto, las estructuras patrimoniales como las iglesias tienden a presentar algunas fallas estructurales en algunos de sus elementos.

La iglesia en estudio de nombre real, “Santuario del Espíritu Santo y de Nuestra Señora de Guadalupe” está ubicada en la parroquia rural Baños del Cantón Cuenca, provincia del Azuay. Fue construido entre 1950 y 1960; concebido como una réplica de la Catedral de Cuenca. Para el presente trabajo de investigación se ha modelado la torre izquierda de la iglesia con el fin de realizar la comparativa de los resultados y emitir un criterio general de la estructura.



**Figura 1:** Plano Arquitectónico – Elevación



**Figura 2:** Vista 3D Torre

## Material y métodos

### Material

Los materiales de la edificación son la cal y ladrillo, que se encuentra en la misma zona, con su fabricación y elaboración, todos estos trabajos se los realizo en base a mingas comunitarias. Se puede mencionar que la cimentación fue realizada con grandes piedras y mortero conformado por cal y arena; las aberturas entre las piedras grandes se rellenaron con piedras de menor tamaño para conformar un solo cuerpo de cimentación. El presente trabajo de investigación no realiza el estudio de la interacción suelo estructura, por lo que se asume la estabilidad de dicho suelo y se coloca en el espectro de respuesta para la modelación informática un suelo tipo C, debido a la inspección visual que se realizó en la zona.

Luego de la cimentación se implanta los muros de mampostería con mortero de cal y arena como zapatas lineales o corridas en todo el contorno de la torre, estos muros tienen dimensiones variables al incrementar su altura, estos se reducen de 1.2 metros en la base hasta 0.80 metros en los muros que soportan la cúpula.

La cúpula de la torre se encuentra adosada al cuerpo de la estructura de la edificación, su geometría es de un semicírculo conformado por mampostería de ladrillo recubierto en la parte exterior por azulejos.

Como secuencia del trabajo de investigación se realizó la medición topográfica de la torre, levantamiento fotográfico del estado actual de la torre, elaboración del modelo computacional de la torre, medición de la vibración de la estructura, análisis de datos de vibración, comparación de resultados entre el modelo matemático y la vibración ambiental y finalmente obtener conclusiones del estado actual y posible propuesta de refuerzo.

Entre los equipos utilizados tenemos los siguientes:

- Rasperryshake 3D
- Estación total
- Cámara fotográfica
- Computadora
- SAP2000 (Software)

En esta investigación se pretende realizar la comparación entre el modelo computacional de la torre izquierda de la iglesia y, ensayos de campo de vibración ambiental. Esto nos conducirá a concluir la exactitud de este proceso y así poder analizar estas estructuras.

## Métodos

### Extracción de datos

Para la extracción de datos se lo realiza a través de la aplicación FILEZILLA. Esta aplicación nos permite entrar al repositorio de Raspberry y descargar los datos de manera rápida del servidor. Si no se lo hace de esta manera se debe esperar que el equipo se sincronice con el servidor y extraerlo de forma directa, o si no se puede extraer la micro sd que cuenta el equipo y sacar los datos de su respectiva carpeta. El ultimo modo de extracción no es muy recomendable ya que esta memoria contiene archivos esenciales en el equipo y, al extraerla se pueden dañar.



Figura 3: App Filezilla

En esta aplicación web podemos configurar el equipo y ponerlo en modo offline para utilizarlo sin tener que depender de la señal de internet. Una desventaja que tiene este modo es su sincronización en tiempo real. El modo offline captura el tiempo en la última instancia que se cambió de modo y, continúa grabando desde ese punto. Se recomienda hacer esta calibración solo unas horas antes del ensayo; ya que, si se deja pasar algunos días, se puede perder el tiempo de sincronización. Además de esto, es importante hacer una captura de pantalla y anotar el último punto registrado.

Para descargar los datos se los realiza mediante FileZilla ingresando con los siguientes datos:

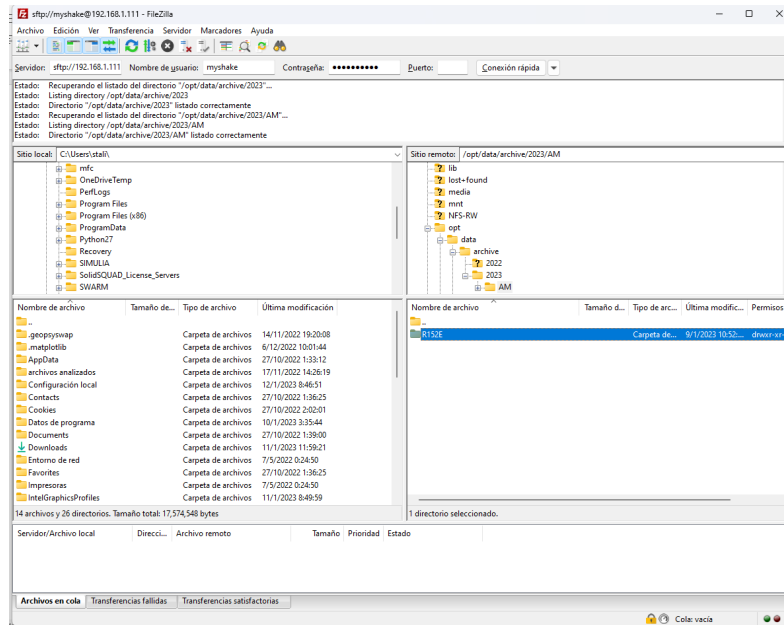


Figura 4: App Filezilla con datos

Una vez obtenidos los datos se los carga en el programa SWARM para extraer la señal completa que tomó el equipo

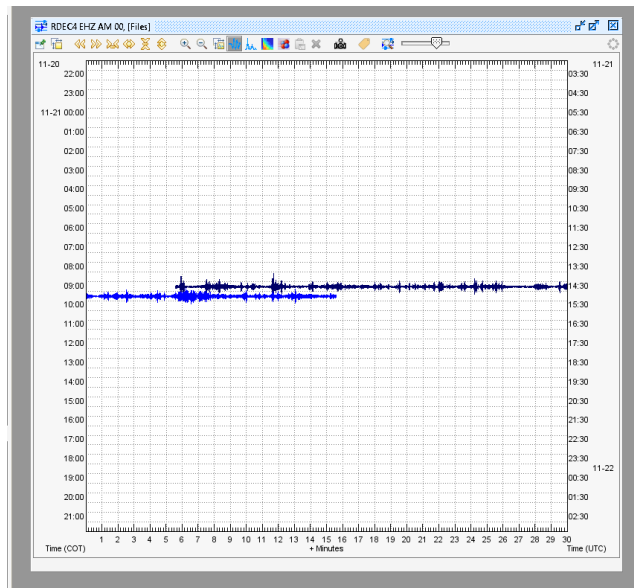


Figura 5: Programa Swarm



### Conversión de datos

Luego en Excel se realiza la conversión para poder analizar los datos en geopsy. El valor del tiempo se lo coloca con un intervalo de 0.01s y el valor de counts se lo transforma a aceleración utilizando el factor 386825. Este factor convierte de counts a m/s<sup>2</sup>. Este valor es dado por el propio equipo.

### Cálculo de la frecuencia y el periodo de vibración natural de la estructura

Para el cálculo de la frecuencia natural de vibración utilizamos el programa geopsy. Este programa nos va a ayudar para analizar el espectro de frecuencia que está en función del tiempo y aceleración.

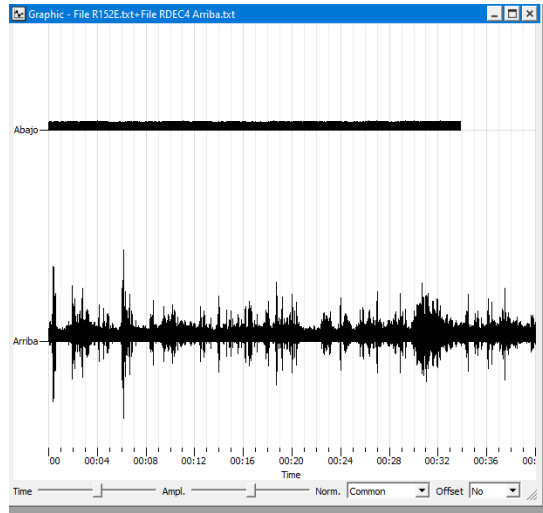


Figura 6: Programa Geopsy

El primer paso por seguir es, corregir la línea de ceros y asignar la hora exacta cuando se realizó el ensayo de vibración con el equipo. Se utilizará el método de hamming.

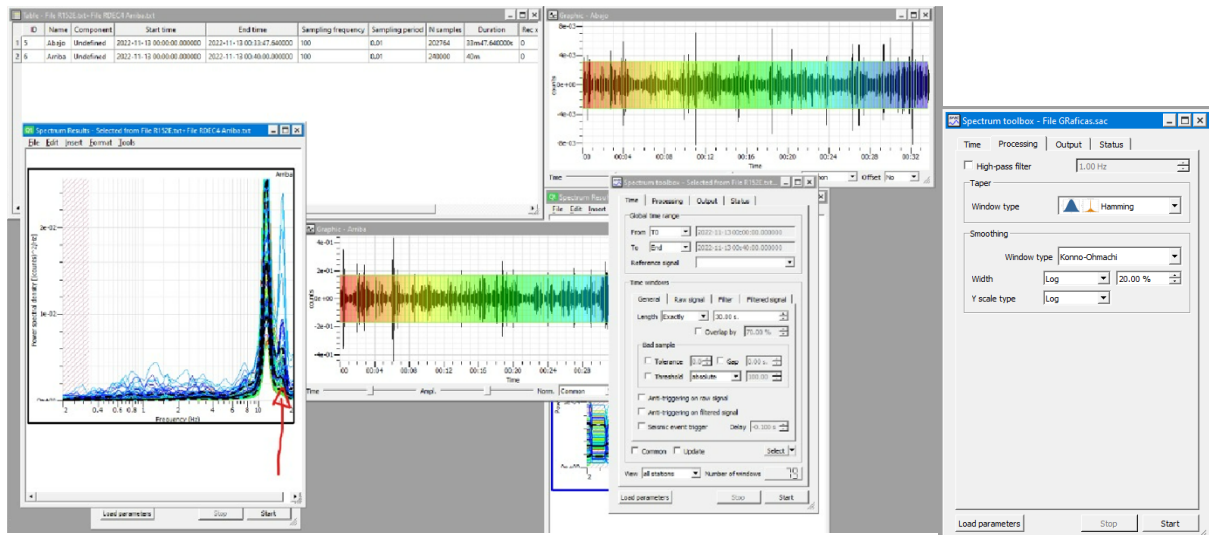
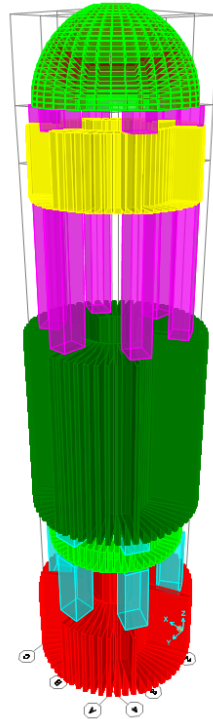


Figura 7: Método Hamming

Para calcular el perdido se lo realiza con la inversa de la frecuencia (11.21Hz) lo que nos da un valor de periodo de 0.089s.

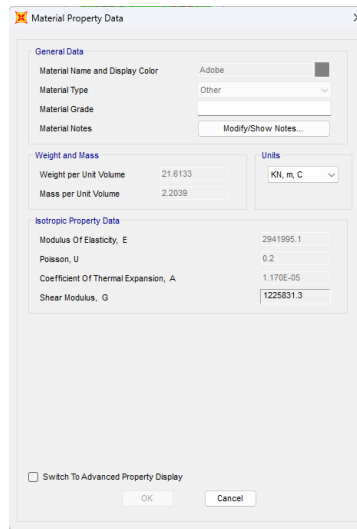
Análisis del modelo computacional de la torre en SAP2000



**Figura 8:** Modelo computacional en SAP2000

### Propiedades de los materiales

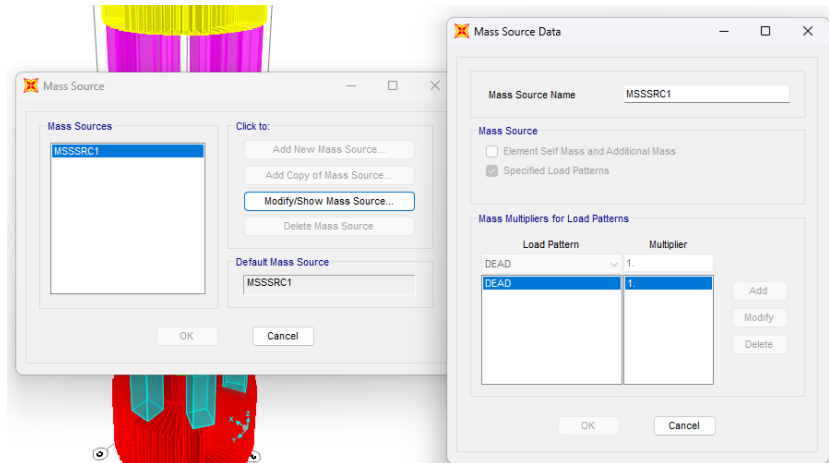
Para el análisis computacional se utilizaron las siguientes propiedades:



**Figura 9:** Propiedades Modelo SAP2000

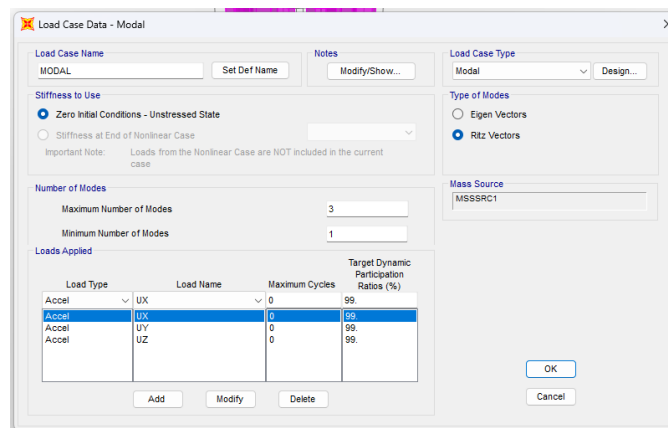
Estas propiedades son teóricas y basadas en material bibliográfico.

Para la estimación de la masa para analizar el periodo y frecuencia de vibración se consideró el 100% de la carga muerta (Pesos de los elementos)



**Figura 10:** Cargas asignadas

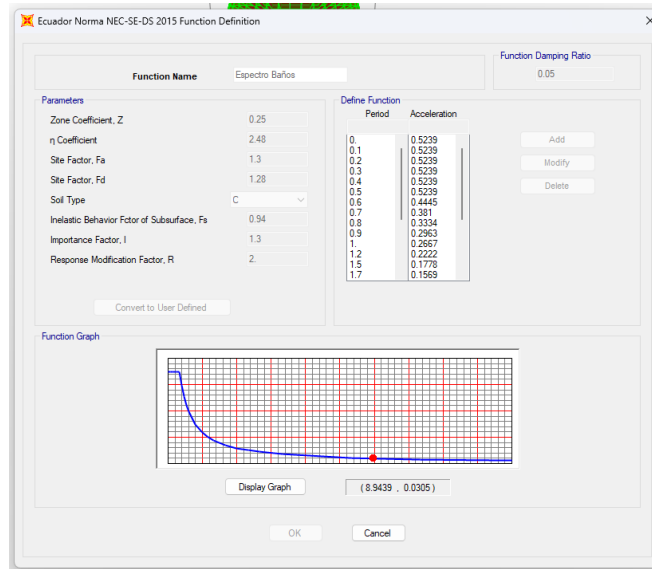
El estado de carga se optimiza para que las aceleraciones en las direcciones tengan un ratio lo más exacto posible.



**Figura 11:** Modos de vibración

En la figura anterior se observa el análisis de 3 modos de vibración en la dirección X, Y y Z. El tipo de modos es Ritz vector. Este tipo nos ayuda a optimizar los modos mencionados anteriormente.

Finalmente se asignó el espectro de respuesta para un sismo raro con un tipo de suelo tipo C como lo recomienda la norma para esta zona.



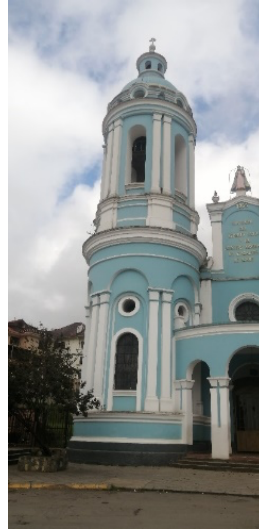
**Figura 12:** Valores del espectro de respuesta

El coeficiente de reducción R es 2 ya que no existen conexiones especiales.

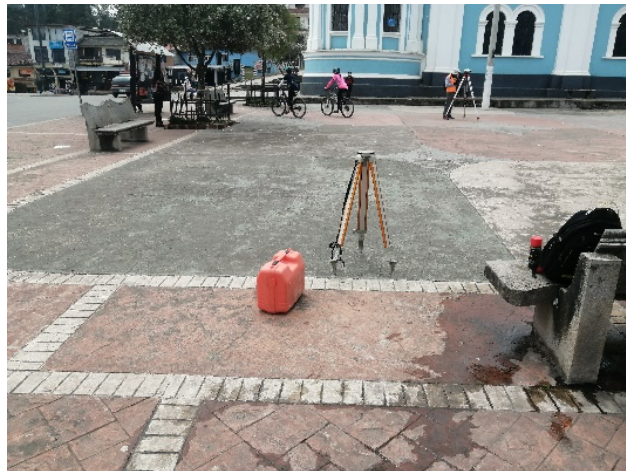
## Levantamiento de información topográfica



Vista frontal



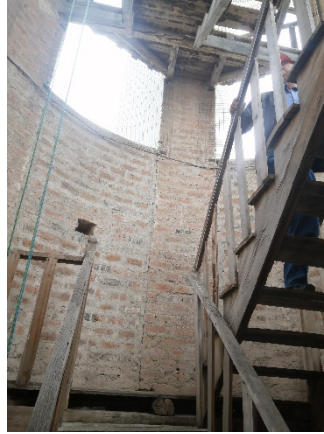
Torre a estudiar



Levantamiento topográfico

Para el presente trabajo se inició con el levantó topográficamente la torre Izquierda de la iglesia de Baños con el fin de verificar su ubicación y analizar si con el pasar de los años desde su construcción hasta la fecha presenta asentamientos lo que puede generar leves inclinaciones en toda la estructura. Para ello se utilizó una estación total y se tomó tres puntos de referencia con un BM referenciado fundido en sitio. Se tomó puntos de las columnas como guías y medio de comprobación desde su base hasta la parte superior. Para el análisis de la inclinación se tomaron solo elementos estructurales columna ya que son elementos visibles y linealmente rectos, se excluyeron los detalles arquitectónicos de las ventanas. Finalmente se analizó y llegó a la conclusión de que no existe desplomo con referencia a los puntos de referencia en ningún eje de referencia tomados.

## Inspección visual y registro fotográfico



Mampostería nivel inferior de la torre, muros y columnas de mampostería



Cúpula principal

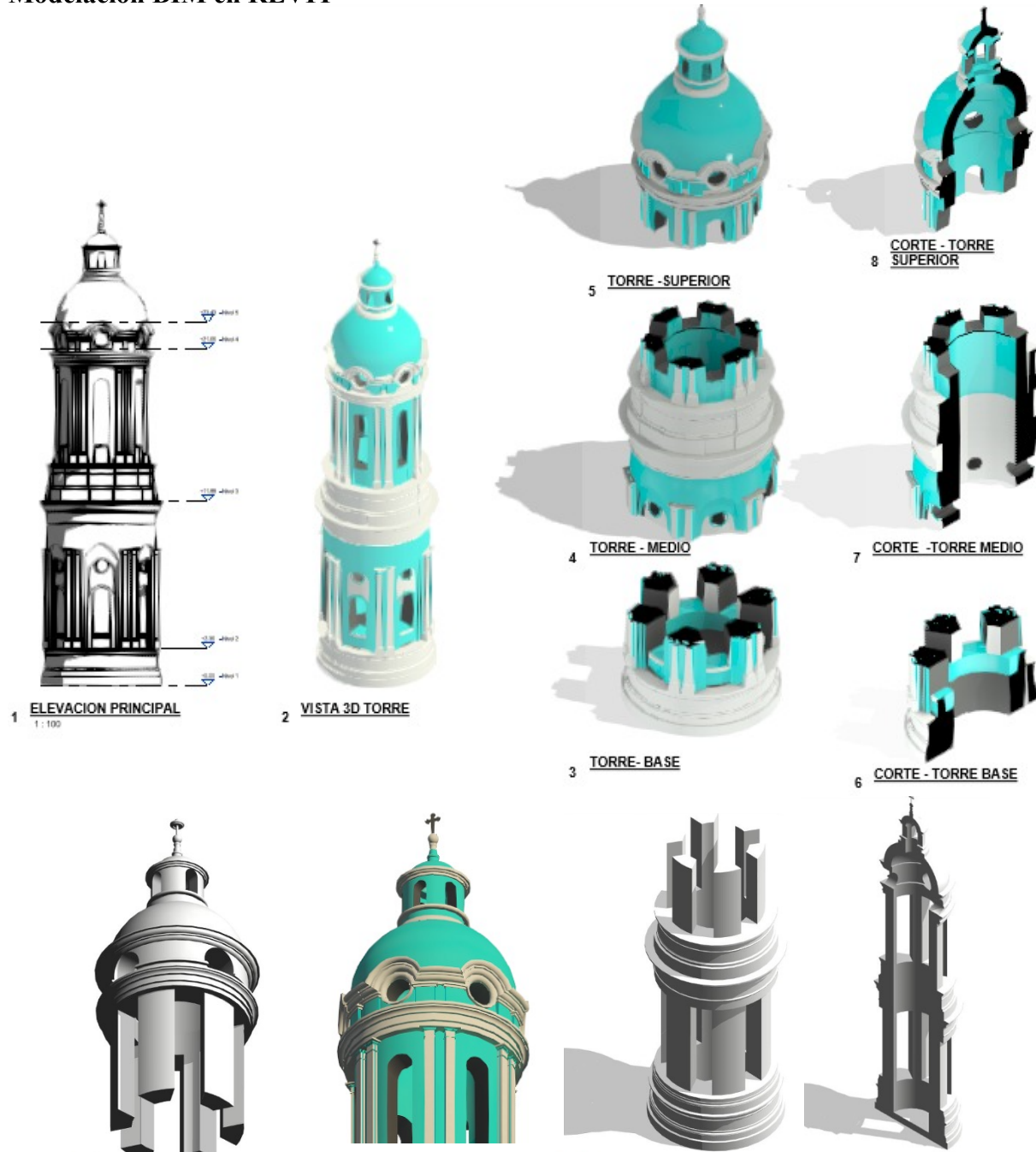


Muros cúpula

Borde superior cúpula

En la inspección visual y registro fotográfico se verifica que la construcción de la torre en su totalidad es producto de mampostería con un mortero de cal y arena. Geométricamente está formada por 6 columnas iguales; distribuidas en círculo con un ángulo de 60 grados, divididas por ventanales, en el centro de la torre se confina un muro que funciona como viga de amarre para luego continuar con la prolongación de las columnas en menor dimensión de espesor para luego finalmente llegar a un muro superior de confinamiento que une las columnas con la cúpula. Los muros de confinamiento en su base son de espesores 1.2 metros que van disminuyendo la sección a medida que alcanza los niveles superiores, teniendo muros en la parte final que soportan la cúpula de 0.80 cm de espesor. Como se puede observar en las fotos las disposiciones de la mampostería de ladrillos varían en la cúpula, así, tenemos ladrillos verticales formando una especie de viga de confinamiento en la parte superior.

## Modelación BIM en REVIT



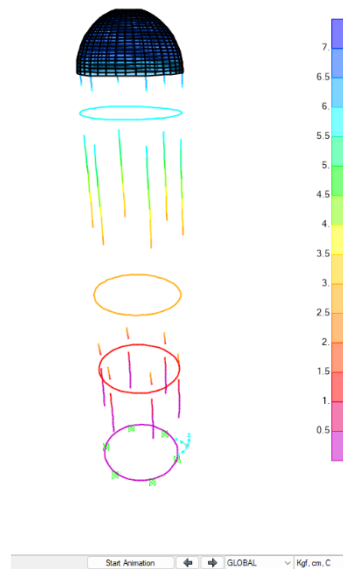
### Cortes y secciones Torre Izquierda Iglesia de Baños de Cuenca

Finalmente se realiza el modelo computacional en Revit con el fin de obtener representaciones de las secciones de mayor detalle, para esto se trabajó con las medidas obtenidas en campo producto de la inspección visual. Se modelo a detalle las secciones de arquitectónicas sin embargo se debe mencionar que esto no se modelo para realizar los

análisis dinámicos de la torre, ya que no influyen mayormente en los resultados por no aportar rigidez alguna ni volumen considerable en las secciones, netamente se consideró como detalles arquitectónicos.

## Resultados

### Análisis de Derivas



**Figura 13:** Desplazamientos – resultados SAP2000

El desplazamiento máximo es de 7cm sentido X y la misma magnitud en sentido Y. Esto se debe a que la estructura es simétrica en estas dos direcciones. Los 7cm de desplazamiento máximo están en relación con la altura total del edificio que es de 26.03m. Esta relación se le conoce como deriva de piso. La magnitud de esta relación nos da 0.005 que se encuentra dentro del nivel de servicio SEGURIDAD DE VIDA. Este nivel de servicio según su deriva nos da la certeza que la estructura está en buen estado y, se tiene el control de las fallas en mamposterías. La deriva de 0.005 es produce por el espectro de respuesta. Este espectro como se menciona anteriormente está considerado la carga muerta de la estructura más el 25% de la carga viva.



### Análisis de Frecuencia Natural de vibración en el modo 3

El análisis modal determinara las frecuencias naturales, los modos de vibración y parámetros como el factor de amortiguamiento de una estructura durante su vibración libre. Se asume que el sistema permanece invariable en el tiempo y que puede ser considerado un sistema lineal. Estas frecuencias naturales tienen asociado un modo de vibración a cada una de ellas. Es importante identificar las frecuencias naturales para anticipar cual va a ser la respuesta de la estructura ante una carga excitadora con una frecuencia cercana a la natural que actúa sobre ella.

El resultado del análisis modal es un modelo matemático del comportamiento dinámico de la estructura cargada. Este modelo se usará para simular distintos escenarios de la estructura con la finalidad de obtener parámetros de desplazamiento lateral.

Para Proceder a analizar estos modos de vibración, primero se procede a optimizar cada modo con la opción de Ritz de SAP2000. Esta opción asigna el mayor porcentaje de participación en cada nivel analizado. Para este caso solo se analizarán los 3 modos de vibración principales los cuales se muestra continuación:

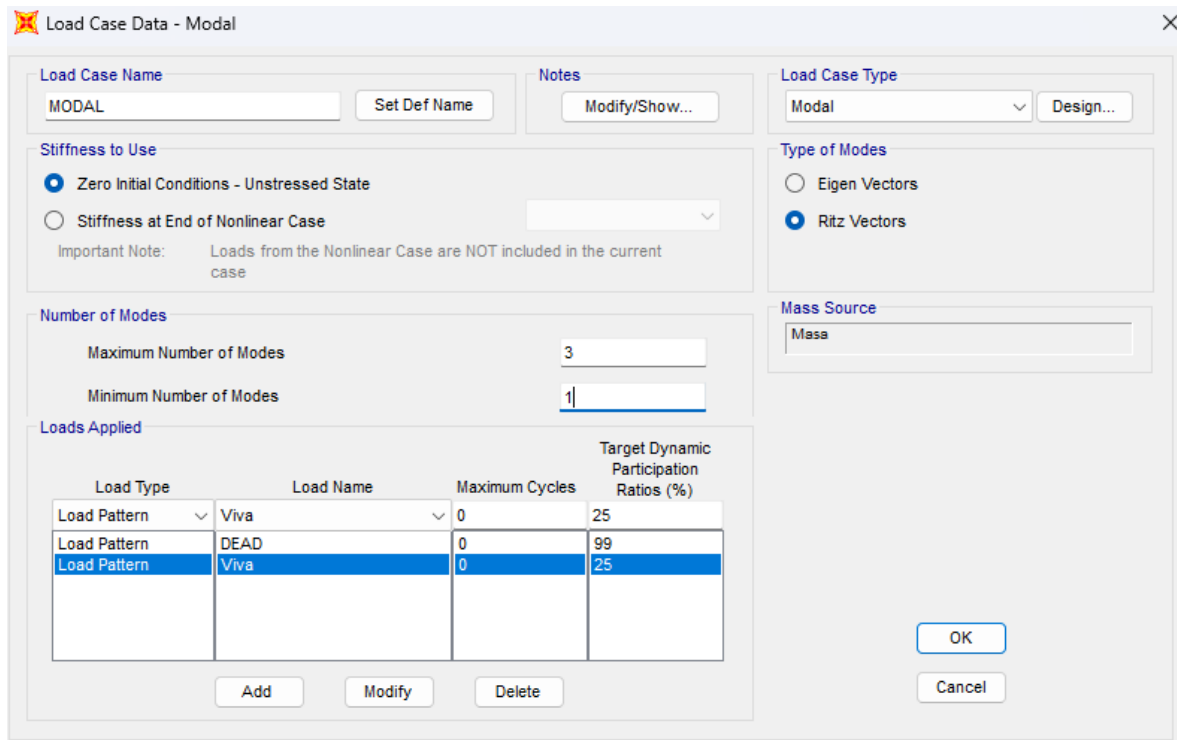
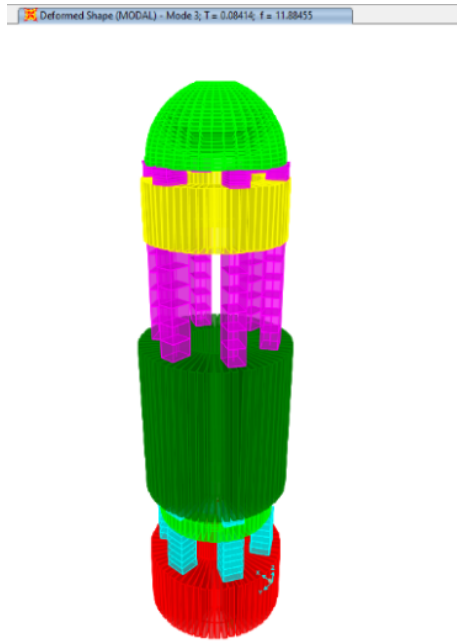


Figura 14: Asignación de cargas – SAP2000

El modo 3 es el modo de vibración en Z. mismo modo analizado por el sismógrafo. Este modo de vibración analiza las cargas aplicadas de la masa.



**Figura 15:** Periodo y frecuencia de la torre

La frecuencia de vibración natural es de 11.88 Hz y tiene un periodo de 0.084s.

Estas frecuencias de vibración simulan la rigidez de la estructura. Como se observa la estructura se comporta de manera correcta en función de la altura. La relación entre el equipo sísmico y el modelo computacional tiene una variación del 6%. Esta diferencia se produce por algunos movimientos que puede tener el equipo al momento de realizar el ensayo y en cuanto al programa SAP2000 por las simplificaciones en cuanto a las uniones del elemento.

## Recomendaciones

Se puede decir que la torre izquierda presenta un comportamiento aceptable frente a las vibraciones y métodos dinámicos realizados ante un sismo considerando la antigüedad de su construcción y los métodos utilizados, sin embargo, se recomienda realizar acciones de control para cuidar este tipo de estructuras patrimoniales y culturales, entre las acciones tenemos:

- Se sugiere realizar estudios con otros equipos para medir los nodos superiores de vibración
- Se debe medir la vibración en el suelo para poder evaluar la interacción suelo – estructura
- Se recomienda realizar inspecciones visuales en periodos de dos años, al igual que el control de vibraciones tanto del edificio como del suelo para realizar un control del comportamiento de la estructura.
- Se debe mencionar un problema en el momento de realizar la prueba con el sismógrafo, el ruido ambiental, por lo que se sugiere realizar dichas pruebas en horarios nocturnos. Se recomienda comparar los resultados y ver la variación obtenida.

## Discusión

El monitoreo estructural se realiza mediante la instalación de sensores y equipos de medición en una estructura. Estos sensores recopilan datos sobre el desplazamiento, la velocidad, la aceleración, la deformación y otros parámetros estructurales. Los datos recopilados se analizan para detectar cualquier cambio anormal en el comportamiento de la estructura. Si se detecta un cambio anormal, se llevan a cabo investigaciones adicionales para determinar la causa del problema y tomar medidas para corregirlo.

La vibración natural se refiere a los movimientos oscilantes de una estructura debido a la acción del viento, el terremoto o cualquier otra fuerza externa, que tienen un impacto significativo en la estabilidad y seguridad de los edificios. La vibración o frecuencia son únicas para cada edificio.

La torre izquierda de la iglesia de Baños es una estructura que incurre en varios ciclos de comportamiento plástico cuando se somete a una excitación sísmica severa en la vida útil que lleva, puede sufrir una degradación excesiva de sus propiedades estructurales, lo que puede provocar su falla a niveles de deformación que están muy por debajo de los que alcanza cuando se le sujeta a un estado de desplazamiento monótonamente creciente.

En el caso de las estructuras de adobe, estas son especialmente vulnerables a la vibración natural debido a su baja densidad y resistencia. El adobe es un material de construcción hecho de barro y paja que se ha utilizado desde la antigüedad y se debe tener especial cuidado, es importante tener en cuenta que las frecuencias naturales de un edificio pueden cambiar con el tiempo debido a cambios en las cargas o en las condiciones ambientales. Debido a esto, es necesario incorporar al diseño sísmico información que permita caracterizar numéricamente la severidad de las demandas plásticas acumuladas. Por lo tanto, es importante realizar periódicamente revisiones y análisis para garantizar que un edificio siga siendo seguro y estable.

## Conclusiones

- La Torre del edificio de la iglesia de Baños en Cuenca a pesar de algunos defectos estructurales se encuentra en un estado de servicio bueno en relación a su comportamiento lineal.
- La torre con el equipo sísmico presenta una frecuencia de 11.21Hz y en SAP200 11.88Hz. Esto nos da una variación del 6%.
- El periodo natural de vibración tiene una diferencia similar a la frecuencia con un valor de 5.8%.
- Se recomienda inspecciones periódicas cada dos años especialmente en los elementos de madera que son los más agrietados.
- Se recomienda controlar la deformación del bloque sur de la iglesia por el peso de la torre se encuentra con un asentamiento

## Referencias bibliográficas

- Barbat, H., Oller, S., & Vielma, J. C. (2005). Cálculo y diseño sismorresistente de edificios. Aplicación de la norma NCSE-02. Monografía CIMNE IS56. Barcelona, España: Editor A. H. Barbat.
- BAZÁN, Z., & MELI, P. (1985). Manual de Diseño Sísmico de Edificios. Editorial Limusa. MEXICO. BENEDETTI Y PETRINI (1984) en BARBAT, Alex H; PUJADES, Lluís;. (2004). EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y DEL RIESGO SÍSMICO EN ZONAS URBANAS. APLICACIÓN A BARCELONA . Barcelona España: 6º Congreso Nacional de Sismología e Engenharia Sísmica .
- Bustos, J. D. (2010). LOS MOVIMIENTOS TELÚRICOS EN LA CIUDAD DE CUENCA, ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN NO CONVENCIONALES. CUENCA: UNIVERSIDAD DE CUENCA FACULTAD DE FILOSOFIA, LETRAS Y CIENCIAS DE LA EDUCACION ESCUELA DE COMUNICACIÓN SOCIAL.
- Caicedo, C., Barbat, A. H., Canas, J. A., & Aguiar, R. (1994). Vulnerabilidad Sísmica de Edificios. España: Monografías de Ingeniería Sísmica.
- Cardona, O. D., & Hurtado, J. E. (1990). Propuesta metodológica para los análisis de vulnerabilidad. Informe de consultoría Proyecto UNDRP / ACD / ONAD Para la mitigación de riesgos en Colombia. Santiago de Cali: Inedito.
- EarthquakeTrack. (2016). Today's Biggest Earthquakes <http://es.earthquaketrack.com/>. EEUU: earthquakeTrack.
- EUROPEAN SEISMOLOGICAL COMMISSION. (1998). European Macroseismic Scale 1998 EMS-98. Luxembourg: Editor G GRÜNTAL.

- FEMA. (2015). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook. Washington, d.c.: nehrp.
- GADMCC. (31 de 12 de 2015). <http://www.cuenca.gob.ec>. Obtenido de.
- Jiménez, J. (05 de 05 de 2016). Mapa sísmico de Cuenca debe actualizarse. Mapa sísmico de Cuenca debe actualizarse.
- Jorge Ordóñez, P. S. (2013). LAS POTENCIALES ZONAS DE INUNDACIÓN POR LAHARES EN EL VOLCAN COTOPAXI. Quito.
- NEC. (2015). RIESGO SÍSMICO. QUITO: NEC.
- Peralta Buriticá, H. (2002). ESCENARIOS DE VULNERABILIDAD Y DE DAÑO SÍSMICO DE LAS EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA DE UNO Y DOS PISOS EN EL BARRIO SAN ANTONIO, CALI, COLOMBIA. . Universidad del Valle - Facultad de Ingeniería - Escuela de Ingeniería Civil y Geomática.
- Pilar Cornejo de Grunauer, J. M. (2012). PROPUESTA METODOLÓGICA Análisis de Vulnerabilidades a nivel Municipal. Quito: AH/editorial.
- Vega, J. N. (1995). Tectonic development of Panama, Costa Rica, and the Colombian Andes: Constraints from Global Positioning System Geodetic Studies and Gravity. South Carolina: Geological Society of America.
- Winslow, F. E., & Ross, K. E. (1993). Proceedings From School Sites: Becoming Prepared for Earthquakes, National Center for Earthquake Engineering Research, State University of New York at Bufv/falo. New York: NCEER-93-0015.
- Worden, C. B., Gerstenberger, M. C., Rhoades, D. A., DJ, & Wald. (2012). Probabilistic relationships between ground-motion parameters and Modified Mercalli intensity in California Bull. Seism. Soc. Am. 102(1), 204-221. DOI:10.1785/0120110156.
- Yamín Lacouture, L. E., Phillips Bernal, C., Reyes Ortiz, J. C., & Ruiz Valencia, D.(2007). Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada . Colombia: Centro de Investigación en Materiales y Obras Civiles, cimoc, de la Universidad de los Andes .
- Yamín Lacouture, L., Phillips Bernal, C., Reyes Ortiz, J., & Ruiz Valencia, D.(2007). Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada. Bogotá, Colombia.: APUNTES vol. 20, núm.2 : 286-303.

**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

**Financiamiento:**

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

**Agradecimiento:**

N/A

**Nota:**

El artículo no es producto de una publicación anterior.