

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa

<https://doi.org/10.35381/i.p.v5i8.2435>

Afectaciones estructurales presentes en viviendas aledañas al río Machángara en Cuenca – Ecuador

Structural affectations present in houses near the Machángara River in Cuenca - Ecuador.

Daniel Francisco Falconi-Llangari
daniel.falconi.76@est.ucacue.edu.ec
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Cuenca
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0001-8932-1668>

César Humberto Maldonado-Noboa
cmaldonadon@ucacue.edu.ec
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Cuenca
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0003-0383-5460>

Juan Sebastián Maldonado-Noboa
jmaldonadon@ucacue.edu.ec
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Cuenca
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0001-5329-2201>

Recibido: 15 de octubre de 2022
Revisado: 10 de noviembre de 2022
Aprobado: 28 de diciembre de 2022
Publicado: 31 de enero de 2023

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa

RESUMEN

En la ciudad de Cuenca provincia del Azuay, la cantidad de desbordes de los principales ríos de la zona supone un potencial peligro a las estructuras que no cumplen los parámetros mínimos de separación entre el borde del río y la estructura. Estos incumplimientos se deben a estructuras que fueron construidas mucho antes de que la normativa este vigente. Por esta razón se elaboró una base de datos de las estructuras que incumplen estos requerimientos actuales estipulados por el GAD municipal de la ciudad y, una zona potencial de peligro analizada en el programa IBER con el caudal máximo probable de crecida del río. Además de estos insumos se analizó el modelo estatico no lineal con las propiedades actuales que presenta el hormigon y el efecto que produce la carga de agua a las columnas que se encuentran sometidas a esta carga horizontal.

Descriptores: Río; cuenca fluvial; desagüe de ríos; derrame de agua. (Tesaurus UNESCO).

ABSTRACT

In the city of Cuenca, province of Azuay, the number of overflows of the main rivers in the area poses a potential danger to structures that do not meet the minimum separation parameters between the edge of the river and the structure. These breaches are due to structures that were built long before the regulations were in force. For this reason, a database of the structures that do not comply with these current requirements stipulated by the municipal GAD of the city and a potential danger zone analyzed in the IBER program with the probable maximum flow of river flooding was prepared. In addition to these inputs, the nonlinear static model was analyzed with the current properties of the concrete and the effect produced by the water load on the columns that are subjected to this horizontal load.

Descriptors: Rivers; river basins; river discharge; water discharge. (UNESCO Thesaurus).

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa

INTRODUCCIÓN

La falta de revisión de salud estructural en las zonas aledañas a los ríos supone un problema para las familias que en ellas habitan; ya que, cada vez que existe alguna crecida del Río, los problemas estructurales comienzan a salir a flote y, muy rara vez son inspeccionados por las autoridades competentes. El levantamiento de datos se realizará mediante el uso de la herramienta de Google Maps, Arc GIS, y levantamiento aéreo con dron. Se programará el dron para q sobrevuele la orilla del Río y, tener un enfoque claro de las estructuras con alto grado de vulnerabilidad ante una crecida del Río.

Se elaboró un modelo dinámico de inundaciones en el software Iber. Este software nos ayuda a analizar la crecida del rio en función del caudal máximo probable. Para este modelo se requirió el levantamiento topográfico del tramo del río a analizar en la estructura más cercana al Río. Luego de finalizar y definir el punto más alto del nivel del rio para esa estructura, Se procedió a analizar la estructura global mediante un modelo no lineal, análisis No destructivos y, modelo de elementos finitos.

Las constantes lluvias producen crecimientos de caudales. Estos crecimientos provocan que los ríos se desborden y afecten estructuras aledañas a las orillas de los ríos. Además de estos problemas, las crecidas llevan a su paso materiales solidos como ramas, piedras, arboles. Estos elementos pueden incurrir en un desgaste y afección a los sistemas estructurales aledaños al borde del Río. A continuación, mostraremos algunos de las principales afecciones que producen las crecidas de ríos:

“La parroquia Barabón fue afectada por inundaciones. Este sitio que está en las faldas de las montañas que rodean el Parque Nacional Cajas se inundó, sus orillas se anegaron y la corriente del río puso en riesgo varios puentes de madera. Aguas abajo, los ríos que atraviesan la capital azuaya al unirse forman el río Cuenca, estos inundaron varias viviendas hasta llegar al sector de El Descanso, límites con la provincia de Cañar y donde se une con el río Burgay para formar el río Paute.

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa

“A lo largo del trayecto hemos contabilizado 20 viviendas que fueron inundadas, pero por ventaja no hubo desgracias, tampoco las estructuras cayeron”, dijo Salinas. El domingo 3 de mayo de 2020, desde muy temprano, maquinaria del Municipio de Cuenca trabajaba retirando los escombros de las orillas, como también de las viviendas que fueron afectadas por el desbordamiento de los afluentes.

Según información de la Sala de Monitoreo de la Dirección de Gestión de Riesgos, las mayores afecciones fueron causadas por el río Yanuncay, en el puente de San Juan de Barabón, donde la corriente incluso sobrepasó la infraestructura. Otro de los sectores afectados fue la urbanización La Isla, ubicada en la Avenida 24 de mayo, Paseo Río Yanuncay y Paseo Río Tarqui, la corriente se desbordó hacia la calzada. Allí el equipo caminero atendió la emergencia para el reencauzamiento del río de manera inmediata.

Al igual en la calle Roma, sector Ucubamba, al sureste de Cuenca se salió de su cauce el río Machángara, existieron colapsos de alcantarillas y acumulación de agua en unas 10 viviendas. La Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC) colaboró con el retiro de árboles caídos a lo largo de la Avenida 24 de mayo, en cambio la Empresa de Movilidad (EMOV) y la Guardia Ciudadana realizaron controles en las riberas de los ríos en varios sectores debido a que personas salieron de los encierros, ya que a esa hora regía el toque de queda, unos para ayudar en la limpieza, otros como curiosos y unos terceros a pescar.” (El Telégrafo, 2020)

“La última semana, los ríos Tomebamba y Yanuncay presentaron un caudal de siete metros cúbicos por segundo (m^3/s), pero la tarde de este sábado registraron 157 y 66 m^3/s , respectivamente. Los otros dos ríos de la ciudad, el Tarqui y el Machángara, se encuentran en un estado de prealerta, explicó Álvarez. El primero registró hasta la semana pasada un promedio de seis m^3/s pero hoy subió a 27, mientras que el Machángara que tenía nueve m^3/s ascendió a 35.” (El Universo, 2020)

La tarde del domingo 27 de marzo de 2022, fuertes lluvias provocaron desbordamientos de ríos y deslizamientos en el sector de Marianza, km.12 de la vía Cuenca- Molleturo.

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa

Según los primeros reportes, dos casas resultaron afectadas por los deslizamientos y hay al menos 300 personas atrapadas entre los dos derrumbes. Las condiciones climáticas del sector causan grandes daños. Según publicaciones de redes sociales el desborde de una quebrada en el sector de Marianza se lleva un automóvil que, a decir de los testigos de lo sucedido, estaba con dos tripulantes.

A continuación, se presentarán algunas afecciones producidas por las crecidas de los ríos y precipitaciones en la vía Cuenca- Molleturo en el sector de Marianza.



Figura 1. Estructura 1 fracasada en el sector de Marianza.

En esta Zona resalta los daños que provocan los deslizamientos de tierra al momento de ocurrir una fuerte precipitación en la zona de Marianza. Además, el incumplimiento de las distancias mínimas de restricción, las estructuras contienen una gran vulnerabilidad a la crecida del río junto a estas estructuras.

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa



Figura 2. Estructuras 2 afectadas en el sector de Marianza

Como observamos en las figuras anteriores, el desbordamiento del Río y las fuertes lluvias en el sector de Marianza han provocado en estas viviendas fallas en los elementos estructurales principales como columnas y vigas. Como se observa en estas figuras, se puede observar como las mamposterías fueron desprendiéndose de sus elementos adyacentes.

Otro evento significativo fue La creciente del río Burgay producto de las fuertes lluvias registradas la noche de este lunes, 18 de abril de 2022, deja daños en las vías, márgenes

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa

e infraestructura de los cantones Azogues y Biblián, de la provincia del Cañar. (el Mercurio, 2022)



Figura 3. Falla del mercado de azogues por el crecimiento del rio Burgay. (El Mercurio, 2022).

MATERIALES Y MÉTODOS

Normativa

En las ordenanzas de la ciudad de Cuenca, se establece una distancia mínima de 25m de separación entre las orillas de los ríos y las edificaciones. Esto con el fin de prevenir posibles daños causados por crecimientos de los ríos a las estructuras.(GAD Cuenca, 2015).

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa

Elección de la zona a analizar

Para esta elección, se tomó como datos de partida un modelo en Arc Gis. Se creó un archivo shapefile del río Machángara. Este modelo nos ayuda a analizar toda la extensión del río y además de esto realizar una zona de influencia de 25m al contorno de la orilla del Río como se muestra a continuación.

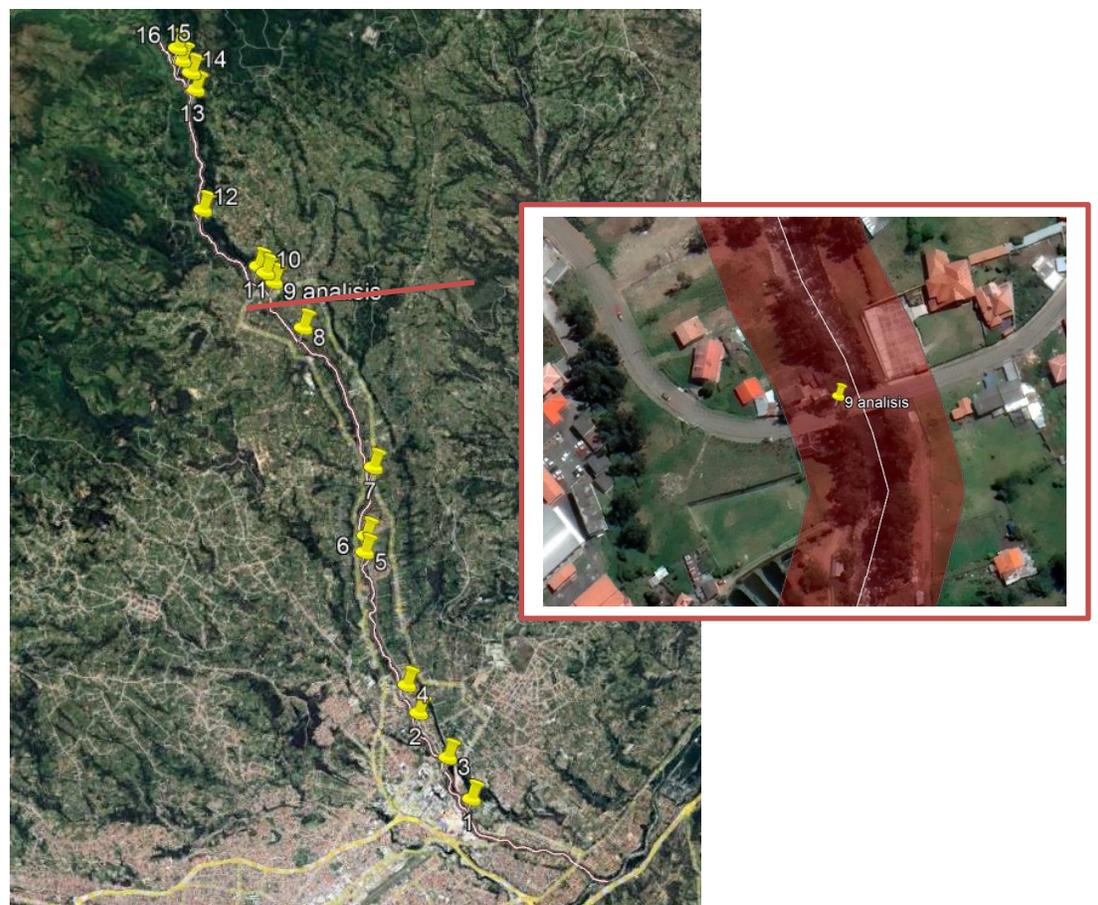


Figura 4. Zona escogida para el análisis.

Se ubicó las casas dentro del rango de infracción según la normativa local. Seguidamente de esto, se realizará un recorrido fotogramétrico y, a su vez un levantamiento aéreo fotográfico para delimitar la zona de estudio.

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa



Figura 5. Zona Alta del Río.

En esta zona no se encuentran construcciones relevantes. En esta zona se encuentra la planta eléctrica y gran cantidad de bosques. Para este levantamiento, se realizó fotogrametría a 100m de altura.



Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa



Figura 6. Zona media del Río.

En esta zona es donde más problema de incumplimiento a la distancia mínima del borde del Río. En esta zona se encuentran dos estructuras muy cercanas a la orilla del Río. Las principales estructuras que se encuentran dentro de esta zona son dos casas:

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa



Figura 7. Levantamiento de estructura punto 10.



Figura 8. Levantamiento de estructura 9 a analizar.

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa

Las viviendas anteriormente mostradas tienen una cercanía representativa a la orilla del río, con 1.5m y 5m respectivamente. Finalmente tenemos el levantamiento de la zona final del río donde no se presenta mayor vulnerabilidad a las estructuras.



Figura 9. Levantamiento Final del Río.

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa

A continuación, se presenta una tabla resumen sobre las ubicaciones de las casas que se encuentran dentro del rango de 25m desde la orilla del Río.

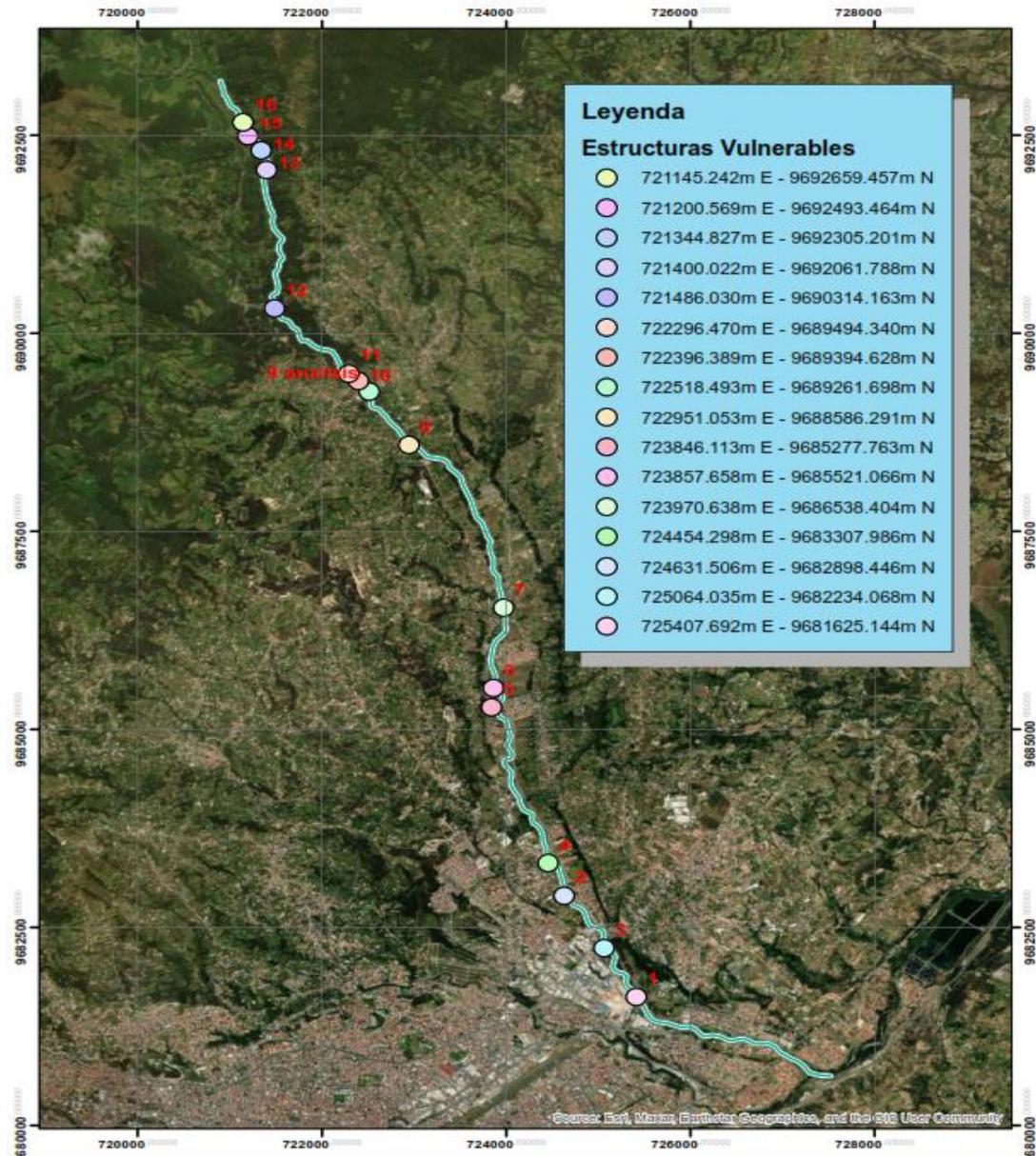


Figura 10. Estructuras que incumplen las separaciones mínimas.

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa

Modelo en Iber

Para el modelo en Iber se realizó el levantamiento de la zona de estudio 1km aguas arriba y 1km aguas abajo desde la estructura 9 antes mencionada. Los datos utilizados para el análisis fueron los siguientes:



Figura 11. Modelo en Iber.

Para el caudal de modelamiento se ingresó la siguiente curva:

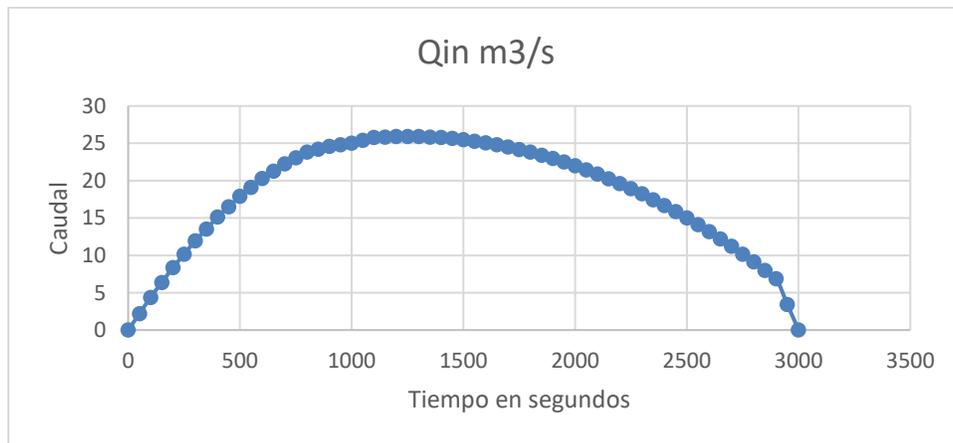


Figura 2. Curva con el caudal pico con el caudal máximo probable en 50 años. El caudal en el 2020 según ETAPA EP es de 14.6 m³/s. Este valor provocó algunos desbordamientos importantes en la zona de estudio (ETAPA EP, 2020). Para nuestro

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa

modelo se colocó el valor máximo de 25.921. Este valor fue analizado en 3000 segundos para poder observar la entrada y salida de agua en el modelo y el valor de Manning promedio de 0.075 que configura el exterior del río de rocas y vegetación. (Quito, 2015).

Modelo SAP

Para este modelo (Silva et al. 2008), se estableció las siguientes propiedades de la estructura y, además de esto se analizó la rigidez lateral de las columnas que pueden soportar el empuje de agua.

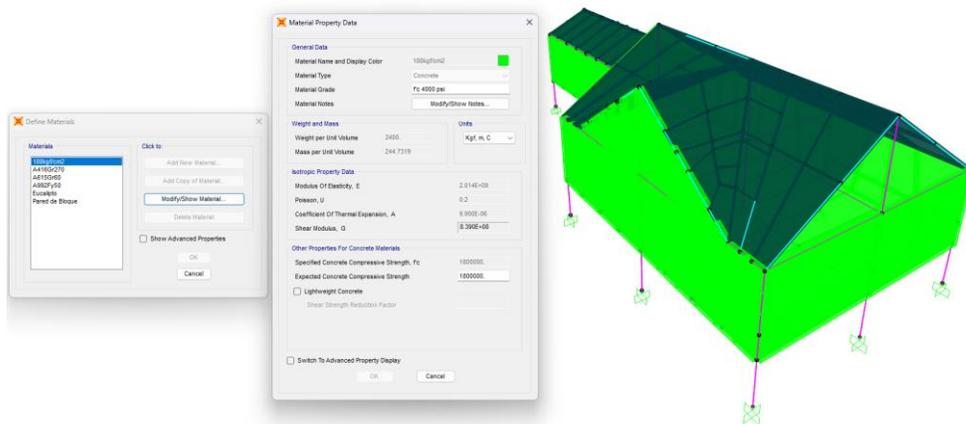


Figura 3. Modelo en SAP2000.

Para la modelación además del hormigon de 180kg/cm², se utilizó las vigas de eucalipto presentes en la vivienda. Las secciones de las columnas son de 20x20cm y las vigas de 25x20cm.

Modelo en Abaqus

El modelo en Abaqus se realizó fundamentalmente de la columna más desfavorable de la vivienda (González-Del-Solar et al. 2018). Esta columna se encuentra frente a la orilla

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa

del Rio, siendo esta la más afectada de todas. Para esto se realizó ensayos no destructivos de los elementos.

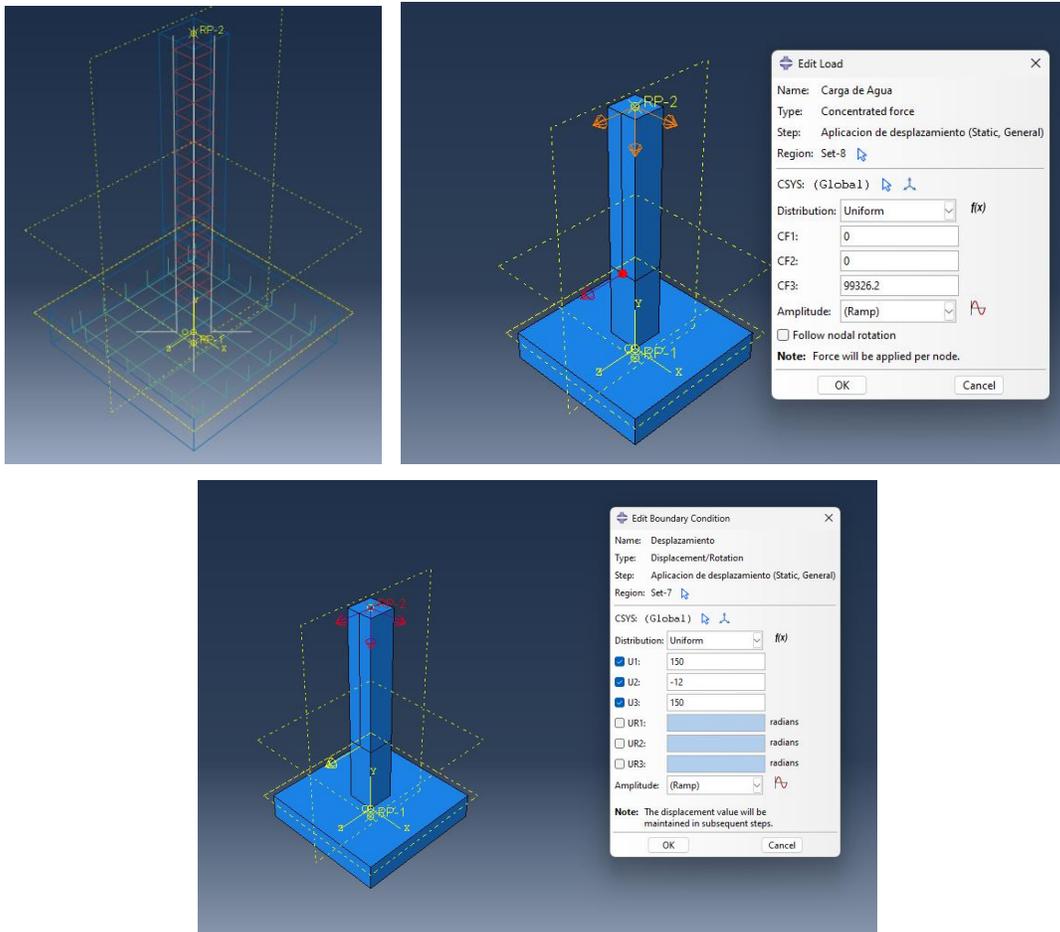


Figura 4. Modelo de la Columna en ABAQUS.

En la figura anterior podemos observar el armado del modelo en Abaqus y; además de esto, las cargas analizadas en el modelo. Las cargas analizadas son la fuerza resultante producida por el agua, las cargas gravitacionales del modelo en SAP2000 al igual que el desplazamiento provocado por el espectro de diseño. Un punto de referencia para poder

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa

analizar el deterioro de la estructura sería la comparación entre los periodos de vibración de la estructura, así como se lo muestra a continuación.

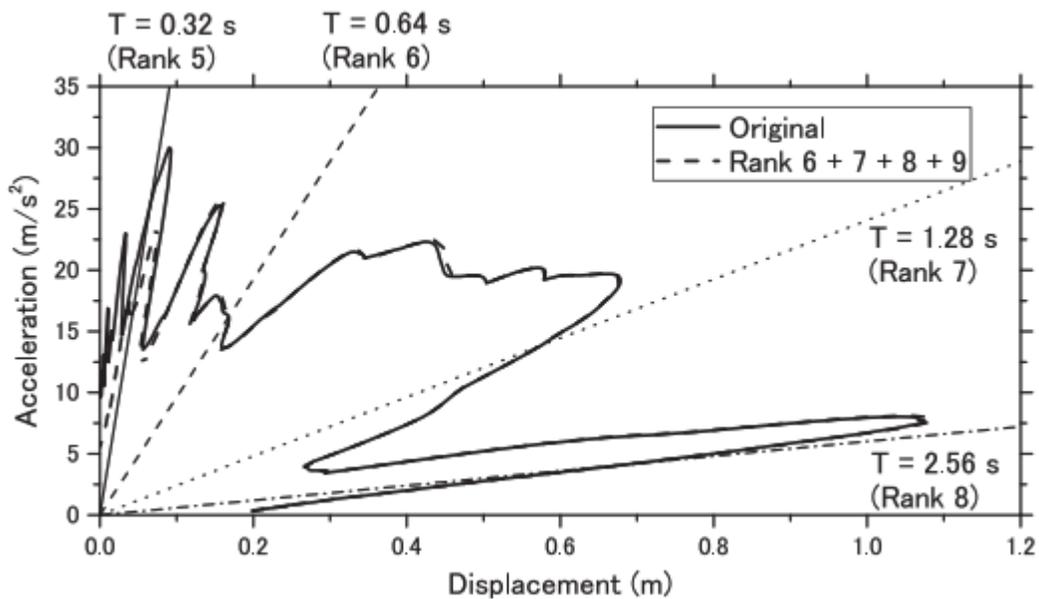


Figura 15. Evaluación de estructuras mediante los periodos de vibración que se representan en función del desplazamiento y aceleración. (Kusunoki et al., 2018).

Para finalizar con el proceso de evaluación se realizó el análisis mediante el ensayo del ultrasonido en el hormigón. Para realizar este ensayo se lo hizo con muestras en la parte baja de la columna y, también en la parte alta del elemento.

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa



Figura 16. calibración del equipo de ultrasonido.

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa



Figura 17. Puntos de análisis del ensayo del ultrasonido.

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa

Este ensayo se lo realizó luego de haber optimizado el equipo y medido la distancia entre un punto y otro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Iber

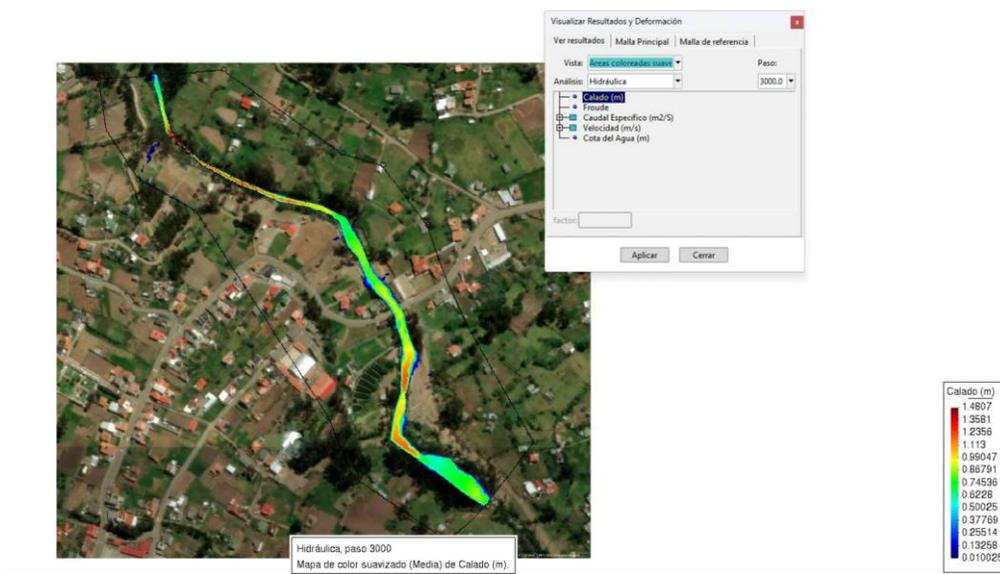


Figura 8. Calado máximo en Iber.

Para el calado máximo en Iber y la zona máxima de influencia como se observa en la figura anterior, se ve claramente como en el punto de análisis 9. Se tiene un valor de 1.13m. Este valor se lo debe analizar desde donde la estructura esta cimentada.

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa

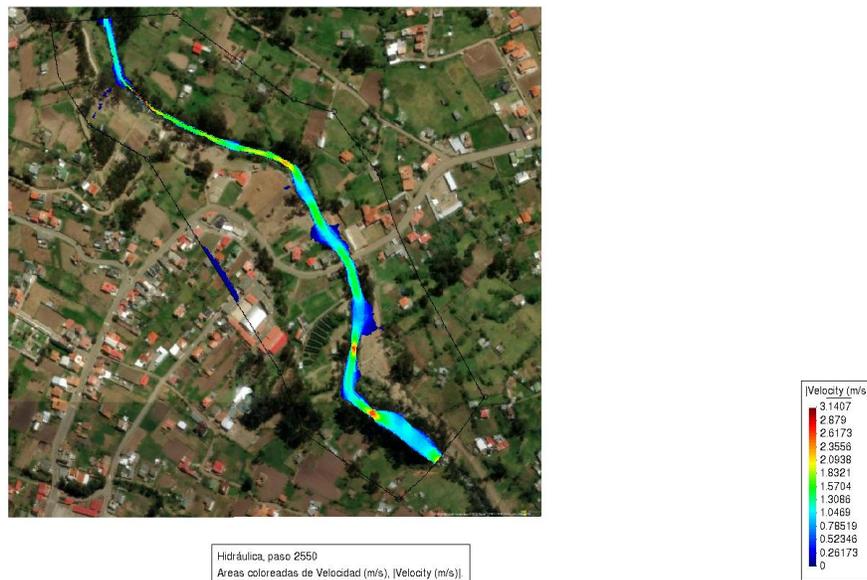


Figura 19 Velocidad máxima del agua en la zona de estudio

La figura anterior representa la velocidad máxima que puede llegar a tener el río con el caudal proyectado. Esta velocidad llega hasta 3.14m/s.

SAP2000

Con las consideraciones de cargas gravitacionales y el empuje que puede provocar la estructura, se presenta a continuación la curva de capacidad de la estructura en el modelo estatico no lineal.

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa

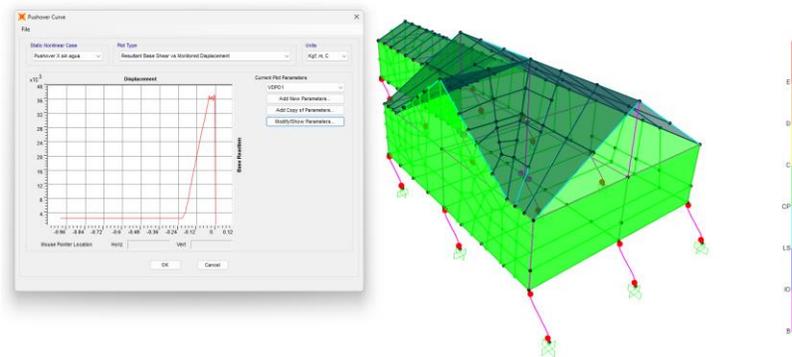


Figura 20. Curva de Capacidad para el modelo estatico no lineal.

Como se observa en la figura anterior la curva de capacidad con las cargas aplicadas tiene 36kN de cortante basal. De igual manera el resultado final del análisis modal espectral tiene un valor de 8mm y 9mm con un factor R de 2.

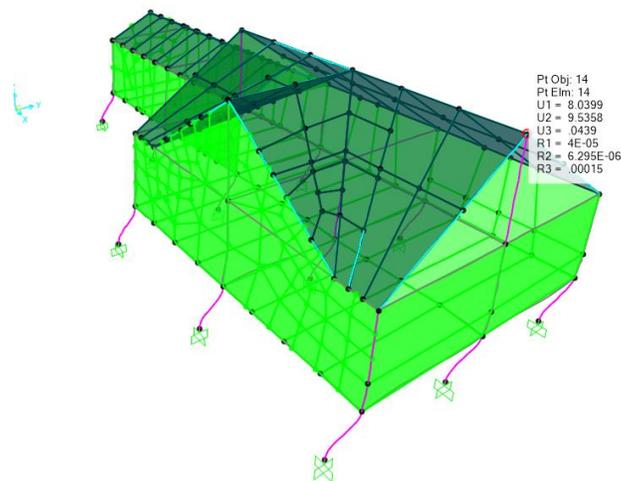


Figura 21. Desplazamientos en mm del espectro de diseño.

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa

Propiedades y Geometría de la columna

$$B := 35 \text{ cm} \qquad H := 35 \text{ cm} \qquad L := 2.1 \text{ m}$$

$$\text{Area} := B \cdot H = 1225 \text{ cm}^2$$

$$I := \frac{B \cdot H^3}{12} = 125052.083 \text{ cm}^4$$

$$f'c := 180 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$E := 4.7 \text{ GPa} \cdot \sqrt{\frac{f'c}{\text{MPa}}} = 201360.264 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Resistencia Lateral de la columna

$$\text{Rigidez}_{\text{Lateral}} := \frac{12 \cdot E \cdot I}{L^3} = 32627.821 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}}$$

$$\text{Desplazamiento}_{\text{max}} := \frac{6}{1000} \cdot L = 0.013 \text{ m}$$

$$\text{Carga}_{\text{maxima}} := \text{Desplazamiento}_{\text{max}} \cdot \text{Rigidez}_{\text{Lateral}} = 41.111 \text{ tonnef}$$

Figura 22. Calculo de la resistencia lateral máxima.

Los cálculos muestran la carga máxima que puede soportar la columna a 2.1m de altura. Esta es la altura que el nivel de agua puede llegar a cubrir la vivienda con el caudal proyectado.

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa

ABAQUS

Para este modelo se analizó el estado actual de las varillas antes de que lleguen a la fluencia. Para esto se aplicó la deriva máxima provocada por el espectro de diseño.

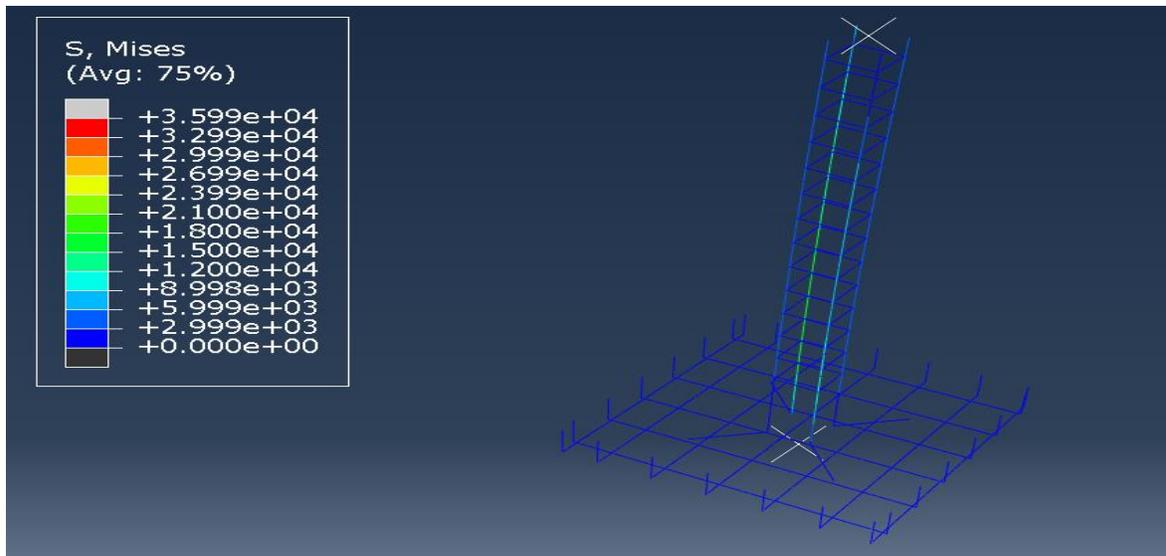


Figura 23. Análisis del desplazamiento máximo en ABAQUS.

Como se observa en la figura 18 con la deriva máxima se tiene un esfuerzo de 180MPa.

El constante contacto con el agua ha provocado que los elementos estructurales pierdan algunas propiedades físicas como resistencia. El hormigón húmedo ha generado pequeñas fisuras que con el pasar del tiempo provocará que el acero se corroa y la sección pierda capacidades de resistencia (Socarrás-Cordoví et al. 2020). Los elementos de madera también son indispensables protegerlos de la humedad ya que, al no hacerlo, las secciones de madera tienden a presentar pudriciones y otras patologías como hongos. Las zonas vulnerables en la figura 14 nos brindan una clara visión a las zonas que debemos proteger para que en un futuro no tengamos problemas estructurales en las viviendas que incumplieron las normas de separación mínima.

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa

ULTRASONIDO

El ultrasonido nos dio los siguientes resultados:

DATOS DEL ENSAYO

Ubicación del ensayo: Parte Baja de la columna.

$$V_c := 2780 \frac{m}{s} \quad \text{Velocidad de transmisión tomada del ensayo}$$

$$v := 0.2 \quad \text{Coeficiente de Poisson para hormigón}$$

$$p := 2400 \frac{kg}{m^3} \quad \text{Densidad del hormigón}$$

RESULTADOS DEL ENSAYO

$$E := \frac{V_c^2 \cdot (1 + v) \cdot (1 - 2v) \cdot p}{(1 - v)} = 170224.735 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$f'_c := E = 14000 \cdot \sqrt{f_c} \xrightarrow{\text{solve, } f_c} 147.83908414814267495$$

$$f'_c := f'_c \cdot \frac{kgf}{cm^2} = 14.498 \text{ MPa}$$

Figura 24. Cálculos del ensayo del ultrasonido en la planta baja de la columna.

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa

DATOS DEL ENSAYO

Ubicación del ensayo: Parte Alta de la columna.

$V_c := 3201 \frac{m}{s}$	Velocidad de transmisión tomada del ensayo
$v := 0.2$	Coefficiente de Poisson para hormigón
$p := 2400 \frac{kg}{m^3}$	Densidad del hormigón

RESULTADOS DEL ENSAYO

$$E := \frac{V_c^2 \cdot (1+v) \cdot (1-2v) \cdot p}{(1-v)} = 225685.898 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$f'_c := E = 15100 \cdot \sqrt{f_c} \xrightarrow{\text{solve, } f_c} 223.38548641545077192$$

$$f'_c := f'_c \cdot \frac{kgf}{cm^2} = 21.907 \text{ MPa}$$

Figura 25. Cálculos del ensayo del ultrasonido en la planta baja de la columna.

CONCLUSIONES

La vivienda se encuentra con una deformación de 9mm. Este valor puede provocar pequeñas fisuras en el hormigón y al estar en contacto con el agua va a provocar corrosión del acero de refuerzo que aparte es insuficiente para un elemento columna inferior al 1%.

La base de datos de las estructuras cercanas a los ríos nos concluye que existen 16 casas que incumplen la normativa local. 2 de estas tienen una separación menor a 5m. La casa con mayor cercanía al río tiene una separación de 1.5m con presencia de humedad excesiva, grietas, fisuras y hongos.

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa

El modelamiento de modelos finitos nos revela que el acero de refuerzo tiene secciones dentro de los parámetros de diseño. Sus esfuerzos están por debajo de la fluencia. Pero, al estar con grietas presentan corrosión y esto va a disminuir la resistencia.

En el ensayo de ultrasonido se observan que la resistencia en la parta baja de la estructura es de 140kgf/cm² y, en la parta alta es de 219kgf/cm². Esto se debe a que la parte baja de la estructura ya se encuentra con fisuras que modifican la rigidez de los elementos al modificar sus propiedades mecánicas.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Católica de Cuenca; por motivar el desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS CONSULTADAS

El Mercurio. (2022). Creciente del río Burgay causa daños en los márgenes e infraestructuras de Azogues y Biblián [Flooding of the Burgay River causes damage to the banks and infrastructure of Azogues and Biblián]. Recuperado de <https://n9.cl/k1e0y>

El Telégrafo. (2020). Los ríos de Cuenca rompen el encierro con inundaciones [Cuenca's rivers break the enclosure with floods]. <https://n9.cl/uopxb>

El Universo. (2020). *Desborde de ríos causa inundaciones en zonas de Cuenca* [Overflowing rivers cause flooding in areas of Cuenca]. Recuperado de <https://n9.cl/6iye7>

ETAPA EP. (2020). *ETAPA EP - Servicios de Telefonía, Televisión, Internet, Agua Potable, Alcantarillado de Cuenca - Ecuador* [ETAPA EP - Telephony, Television, Internet, Drinking Water, Sewage Services of Cuenca - Ecuador]. Recuperado de <https://n9.cl/w2p81>

Daniel Francisco Falconi Llangari; César Humberto Maldonado Noboa; Juan Sebastián Maldonado Noboa

GAD Cuenca. (2015). *PDOT Cuenca [PDOT Cuenca]*. <https://n9.cl/yw1qh>

González-Del-Solar, G., Martín, P., & Maldonado, N. (2018). Formulación, implementación y validación de un modelo de daño escalar para materiales frágiles aplicado a elementos sólidos tridimensionales [Formulation, implementation and validation of a scalar damage model for brittle materials applied to three-dimensional solid elements]. *Revista ingeniería de construcción*, 33(1), 111-122. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000100111>

Kusunoki, K., Hinata, D., Hattori, Y., & Tasai, A. (2018). A new method for evaluating the real-time residual seismic capacity of existing structures using accelerometers: Structures with multiple degrees of freedom. *Japan Architectural Review*, 1(1), 77–86. <https://doi.org/10.1002/2475-8876.1010>

Quito, N. (2015). Predicción de caudales en la Cuenca del Machángara [Flow forecasting in the Machángara Basin]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21861/3/Tesis.pdf>

Silva P, Manuel A, & Silva, M, Darío R. (2008). Sistemas de planificación de recursos empresariales utilizados en el estado Bolívar [Enterprise resource planning systems used in the state of Bolívar]. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 12(46), 49-54.

Socarrás-Cordoví, Y, González Díaz, L, Álvarez Deulofeu, E, González Fernández, M, & Roca Fernández, E. (2020). Evaluación de la calidad del hormigón en edificaciones construidas con el sistema prefabricado gran panel soviético [Evaluation of the quality of the concrete in built constructions with the system precast great soviet panel]. *Tecnología Química*, 40(2), 288-302.