

Vulnerabilidad sísmica del bloque E del Hospital SOLCA Núcleo de Loja mediante un análisis dinámico no lineal

*Seismic vulnerability of block E of the SOLCA Núcleo de Loja Hospital
through a nonlinear dynamic analysis*

- ¹ Dalton Vladimir Jimbo Quevedo  <https://orcid.org/0009-0007-9308-3624>
Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.
Maestría en Ingeniería Civil Mención en Estructuras Sismorresistentes
dalton.jimbo.56@est.ucacue.edu.ec
- ² Juan Sebastián Maldonado Noboa  <https://orcid.org/0000-0001-5329-2201>
Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.
jmaldonadon@ucacue.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 14/06/2026

Revisado: 5/07/2026

Aceptado: 10/08/2026

Publicado: 01/09/2026

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v9i3.3755>

Cítese: Jimbo Quevedo, D. V., & Maldonado Noboa, J. S. (2026). Vulnerabilidad sísmica del bloque E del Hospital SOLCA Núcleo de Loja mediante un análisis dinámico no lineal. ConcienciaDigital, 9(3), 149-171.
<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v9i3.3755>



CONCIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad.
<https://concienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>



Palabras claves:

Modelos no lineales,
análisis dinámico,
evento sísmico,
edificaciones
esenciales.

Resumen

Introducción. Los centros de salud son clasificados como edificaciones esenciales y ello implica que durante y posterior a un evento sísmico de gran magnitud su estructura debe estar totalmente funcional para la atención de afectados que pudiera ocasionar este tipo de fenómeno natural. En el Ecuador existen edificaciones esenciales (hospitales y centros de salud) que fueron construidas con códigos de construcción obsoletos (Año 1990 hacia atrás), lo cual supone que muchas de estas estructuras no son sismorresistentes. **Objetivo.** Evaluar el comportamiento de la edificación de Bloque E del hospital SOLCA Núcleo de Loja frente a un sismo de mediana magnitud. **Metodología.** Se utilizaron métodos analíticos y modelos computacionales para determinar su vulnerabilidad sísmica, mediante un análisis dinámico no lineal del Bloque E del hospital antiguo SOLCA Núcleo de Loja, el cual fue construido el 23 de agosto de 1962 (62 años de uso hasta la actualidad) y que, posterior a su puesta en funcionamiento a lo largo del tiempo se han ido adosando estructuras tanto en planta como en elevación con el fin de ampliar su capacidad. **Resultados.** Los resultados obtenidos revelaron que la estructura al ser una edificación esencial no se ajusta a los parámetros en la normativa vigente, por ello, se propone el reforzamiento requerido por la estructura con el fin de mejorar su desempeño frente a eventos sísmicos y que la estructura existente cumpla con los requerimientos normativos para este tipo de edificaciones. **Conclusión.** Se concluye que es necesario la evaluación estructural de las edificaciones esenciales que actualmente se encuentran operativas en el país, ya que, así como en el presente caso de estudio por el tiempo de antigüedad y métodos constructivos con los cuales fueron proyectadas, no se ajustan al nivel de desempeño que establece el código de construcción vigente en el Ecuador. **Área de estudio general:** ejemplo ingeniería civil. **Área de estudio específica:** ejemplo estructuras. **Tipo de estudio:** Artículo original.

Keywords:

Nonlinear models,
dynamic analysis,

Abstract

Introduction. Health centers qualify as essential facilities. Consequently, their structures must remain fully operational

seismic events,
essential buildings.

both during and after major earthquakes to care for any casualties. Across Ecuador, numerous critical facilities, including hospitals, rely on outdated building codes from 1990 or earlier. This leaves many such structures highly vulnerable to seismic activity. Fortunately, recent technological leaps have transformed structural engineering. Today, engineers can deploy non-linear models to precisely simulate how structures and materials behave under seismic stress. **Objective.** This study evaluates the seismic performance of Block E at the SOLCA Loja Hospital when subjected to a medium-magnitude earthquake. **Methodology.** We assessed seismic vulnerability using analytical methods alongside computational modeling. Specifically, a non-linear dynamic analysis was conducted on Block E of the old SOLCA Loja Hospital. Built on August 23, 1962, the facility has been in service for 62 years. Over time, various horizontal and vertical expansions were structurally attached to increasing its operational capacity. **Results.** The findings indicate that this essential facility fails to meet current regulatory benchmarks. To address this, we propose specific structural reinforcements. These interventions aim to upgrade its seismic performance, bringing the existing structure into full compliance with modern safety standards. **Conclusion.** Evaluating the structural integrity of Ecuador's operational essential buildings is urgent. As demonstrated by this case study, older construction methods and aging designs fall short of the strict performance levels demanded by the nation's current building code. **General field of study:** Civil engineering. **Specific field of study:** Structures. **Type of study:** Original article.

1. Introducción

La ocurrencia de un fenómeno natural, como un evento sísmico, supone un inconveniente importante para las estructuras y edificios. Para estos efectos catastróficos corresponde al profesional en este campo, considerar, en el momento del diseño y la construcción, la capacidad de los edificios para resistir estas acciones. La respuesta dinámica de estructuras, así como los daños que puedan presentar los elementos estructurales y no

estructurales, dependen, no solo de las características de la acción sísmica, sino también del comportamiento de todo el sistema estructural de la edificación. Por esta razón, es necesario desarrollar procedimientos que permitan realizar evaluaciones para identificar edificaciones que puedan ser vulnerables ante la acción de un sismo, lo cual las convierte en inseguras para sus ocupantes (Garzón, 2020).

Las sociedades están expuestas a desastres naturales, incluidos tsunamis, terremotos y tormentas. El número y la potencia de estos desastres han aumentado en los últimos años. Por lo tanto, la estimación cuantitativa y cualitativa de la vulnerabilidad de las estructuras ante la ocurrencia de desastres naturales es vital. La resiliencia de la infraestructura, las líneas y las estructuras vitales son temas innovadores en el campo de la ingeniería civil. Especialmente en el caso de los terremotos, la evaluación del riesgo sísmico a gran escala desempeña un papel crucial en la salvaguardia y planificación de planes de mitigación adecuados en las zonas urbanas. Los terremotos son considerados como los desastres naturales más catastróficos que han devastado varias civilizaciones a lo largo de la historia. La cifra mundial de muertes causadas por terremotos varía de 700 a 298.000 al año. Los países en desarrollo ubicados en zonas sísmicas activas tienen la mayor cantidad de muertes y daños causados por terremotos (Ghaychi et al., 2021).

Los edificios de importancia estratégica deben ser capaces de resistir fuerzas sísmicas de acuerdo con los terremotos potenciales que puedan ocurrir en el lugar y permanecer completamente operativos después. Sin embargo, muchos de ellos fueron construidos antes de que se conocieran los principios modernos de diseño sísmico (especialmente en lo que respecta a los detalles y la ductilidad), y por lo tanto pueden considerarse deficientes. El primer paso para mitigar el riesgo sísmico de dichas estructuras es evaluar su desempeño sísmico y, en particular, identificar sus deficiencias estructurales (Uros et al., 2020).

A nivel mundial, existe una gran cantidad de edificios públicos, originalmente diseñados sin criterios sísmicos, que actualmente se ubican en lugares posteriormente clasificados como zonas sísmicas. En Italia, el Departamento Nacional de Protección Civil (DPC) estima que existen alrededor de 75.000 edificios públicos diseñados sin criterios sísmicos, y casi 35.000 de ellos se ubican en zonas con riesgo sísmico medio o alto (Masi et al., 2014). Gran parte de estos edificios son hospitales y escuelas, es decir, estructuras cuyo colapso puede tener consecuencias dramáticas para la comunidad afectada. En Italia, terremotos anteriores ya mostraron un comportamiento deficiente de los edificios públicos ante eventos sísmicos. Por ejemplo, durante el terremoto de magnitud 6,9 de Campania-Basilicata de 1980, el sistema sanitario sufrió graves daños, en particular con el colapso total del Hospital Sant'Angelo dei Lombardi (edificio de hormigón armado de 7 plantas) y los graves daños del Hospital Curteri en San Severino. A pesar de estos sucesos registrados durante el terremoto de 1980 y, previamente, durante el terremoto de Friuli de 1976, el gobierno italiano prestó poca atención a la evaluación y mitigación del riesgo sísmico de hospitales, escuelas y, en general, edificios públicos hasta el terremoto

de Molise de 2002. Durante este terremoto, el edificio de una escuela primaria se derrumbó, causando la muerte de 27 niños y su profesor (Augenti et al., 2004), lo que puso de relieve una vez más la alta vulnerabilidad de las estructuras públicas existentes (Masi et al., 2012).

Durante el devastador terremoto del 8 de octubre de 2005 conmocionó la zona norte de Pakistán con una magnitud de $M_w = 7,6$, afectando un área de aproximadamente 30.000 km². Según el informe de reconocimiento del EERI, alrededor de 574 instalaciones médicas fueron afectadas fuera de servicio total o parcialmente, lo que constituye el 70% de las instalaciones del área. Entre los hospitales afectados se encuentran el Hospital Militar Combinado (CMH) Muzaffarabad que colapsó completamente (Mohammad et al., 2022).

La mayor parte del patrimonio de edificios públicos italianos se construyó sin evaluaciones sísmicas en áreas afectadas por un peligro sísmico significativo. Esto crea problemas hoy en día y es particularmente importante cuando el parque de edificios es anticuado. En consecuencia, la evaluación sísmica de edificios existentes representa un tema de suma importancia, especialmente en estructuras estratégicas. En los últimos años, muchos trabajos de investigación tuvieron como objetivo definir las curvas de fragilidad de los edificios escolares existentes con el fin de establecer un orden de prioridad para la modernización estructural (Pisapia et al., 2023).

Las fallas en los edificios son la principal causa de muertes y pérdidas económicas debido a los terremotos. Las instalaciones públicas, como clínicas de atención médica y hospitales, desempeñan un papel fundamental durante la gestión de desastres posterior a las crisis; es esencial evaluar su vulnerabilidad sísmica para tener una preparación realista, estrategias de acción de respuesta y una gestión eficaz del riesgo de terremotos. Se reportan aumentos en la tasa de siniestros para edificios más débiles dentro de zonas de alto riesgo sísmico (Ghaychi et al., 2021).

Los recientes terremotos en Afganistán y otras regiones del mundo demostraron que no estamos suficientemente protegidos contra terremotos. Debido a la situación y al crecimiento excesivo de la urbanización en la ciudad de Kabul, la ocurrencia de un terremoto fuerte en esta ciudad causaría muchos daños y víctimas. Los hospitales deberían poder brindar ocupación inmediata después de un terremoto para reducir las víctimas (Raoufy et al., 2025).

Los hospitales deben estar plenamente operativos en caso de emergencia tras un terremoto para proteger la vida de los pacientes y el personal sanitario, así como para brindar atención de emergencia y tratamiento médico al creciente número de pacientes que serán trasladados a centros de salud. Las encuestas realizadas tras los recientes terremotos han demostrado que el rendimiento de los hospitales y su funcionalidad tras un terremoto están relacionados no solo con los daños estructurales, sino también con los daños sufridos por elementos no estructurales y equipos médicos. Para un mapeo a gran escala del riesgo sísmico en hospitales, es imposible proceder con metodologías avanzadas; por

lo tanto, se requieren metodologías simplificadas. Estas metodologías deben considerar el rendimiento de los elementos no estructurales y los equipos (Perrone et al., 2015).

La revisión de la normativa de construcción en Indonesia exige la evaluación estructural de las edificaciones, especialmente de los hospitales. La evaluación estructural utilizando los códigos de construcción vigentes y un análisis de vulnerabilidad, es indispensable para garantizar la resistencia del edificio frente a las cargas de trabajo. Se realizó una evaluación del Edificio de Hospitalización de Tercera Clase del Hospital General Regional de Sijunjung mediante el método de elementos finitos (ETABS V21). La evaluación estructural del edificio existente reveló que los valores de deriva de entrepiso superaron el límite permisible, adicionalmente se determinó que los elementos estructurales como columnas y vigas no tenían la capacidad de soportar las cargas de trabajo. La recomendación para el reforzamiento de la estructura consistió en implementar muros de corte de hormigón armado al edificio existente. El edificio reforzado mostró un aumento en su capacidad estructural, así como también se evidenció que el parámetro de deriva de entrepiso y la resistencia de los elementos estructurales cumplieron con los requisitos de los códigos de construcción indonesios vigentes. Además, se desarrollaron curvas de fragilidad estructural del edificio hospitalario con y sin reforzamiento frente a cargas sísmicas. Los resultados del análisis de vulnerabilidad concluyeron que el reforzamiento del edificio del hospital con muros de corte reduce la probabilidad de daños debido a la acción de cargas sísmicas en un 52,69% a nivel de daño extensivo con un PGA de 0,60 g (Fauzan et al., 2025).

Los hospitales y otras infraestructuras esenciales se construyen con una vida útil mínima de más de 50 años para garantizar su funcionalidad durante y después de eventos sísmicos. El hospital de Orihuela, construido en 1988, cumplía con las normativas sísmicas y los códigos de construcción de su época, menos avanzados en comparación con los establecidos después de la NCSE-94. Durante este período, se produjeron mejoras notables en la calidad y los materiales de construcción, especialmente en el hormigón estructural; sin embargo, el diseño sismorresistente aún estaba en desarrollo. Considerando la fecha de construcción del hospital, es crucial evaluar su resiliencia sísmica actual con respecto a los estándares modernos para determinar si es necesario modernizarlo para cumplir con los requisitos sísmicos actuales. Estas medidas proactivas son vitales para mantener la integridad operativa y la seguridad del hospital durante los terremotos. Si bien varios estudios han evaluado la vulnerabilidad sísmica de las instalaciones sanitarias a gran escala, las evaluaciones detalladas de estructuras individuales siguen siendo poco documentadas. Estas evaluaciones son esenciales para todos los edificios de importancia estratégica (Kharazian et al., 2025).

Los hospitales son infraestructuras vitales, pero pueden ser particularmente susceptibles si se ubican en una zona sísmica. Estimar el rendimiento y los daños proyectados de estas estructuras en caso de futuros terremotos es crucial para minimizar los daños físicos y la interrupción de cirugías, rehabilitación, servicios de laboratorio y otras operaciones de

atención médica. Una preevaluación rápida y económica de la sensibilidad de estas estructuras ayudará a la administración hospitalaria a prepararse para una modernización y reconstrucción adecuadas. Por otro lado, una evaluación del riesgo sísmico requiere la construcción de un modelo que ofrezca opiniones de expertos de forma cuantitativa, metódica y cuantificable, a la vez que refleje la incertidumbre e imprecisiones del proceso (Menekşe & Akdağ, 2022).

Perú es un país altamente sísmico, ya que forma parte del cinturón circumpacífico donde ocurren más del 80 por ciento de los terremotos del mundo. Estos eventos han demostrado que los edificios con bajo desempeño sísmico son propensos a sufrir daños importantes en sus elementos estructurales y, en consecuencia, colapsar, lo que provoca pérdidas de vidas humanas y económicas. Por tanto, es importante realizar estudios de vulnerabilidad sísmica de edificios esenciales utilizando métodos que consideran la incertidumbre de los factores en el ámbito estructural, sísmico y geotécnico (Sáenz & Santana, 2023).

El Ecuador es un país de alto peligro sísmico, pues durante los últimos 470 años, se han registrado numerosos sismos que han devastado ciudades enteras como Ambato, Riobamba, Ibarra entre otras (Rivadeneira et al., 2007). Como consecuencia, se han realizado varios estudios de peligrosidad sísmica con la finalidad de disminuir el riesgo en las edificaciones. Sin embargo, el enfoque del sistema estructural principal resistente a cargas laterales no se ha mejorado, siendo el sistema aporticado el utilizado en la mayoría de los diseños (Medina & Placencia, 2017).

Ecuador se encuentra dentro del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico, por lo que su actividad sísmica es alta, incluyendo eventos tales como el de 1906, que alcanzó una magnitud de 8.8, colocándolo dentro de los sismos más grandes de la historia. Salvo el sismo de Bahía de Caráquez en agosto de 1997 con una magnitud de 7.1, y que dejó en evidencia ciertos problemas relacionados al diseño sismorresistente en el Ecuador, en esta nación no han existido eventos catastróficos en más de un siglo, lo que ha provocado que no se le preste la atención debida a esta problemática. Si bien es cierto, existe una Norma Ecuatoriana de la Construcción, también lo es el hecho que los estudios acerca del tema en el país son escasos (Quinde & Reinoso, 2016).

Luego del derrumbe de muchos edificios estratégicos debido a los movimientos sísmicos acontecimiento ocurrido en Molise (Italia) (octubre-noviembre de 2002), en 2003 se aprobó una ordenanza del presidente del consejo de ministros que ha marcado la pauta para resolver tal situación. En particular dio un límite temporal obligatorio de cinco años para evaluar la vulnerabilidad sísmica de estructuras estratégicas (por ejemplo, hospitales, sedes del Departamento de Asuntos Civiles Protección, puentes, etc.), cuyas funcionalidades son cruciales en caso de emergencia sísmica. Posteriormente, dicho límite fue pospuesto varias veces; sin embargo, hoy en día existen muchas estructuras estratégicas para las cuales todavía falta la evaluación de vulnerabilidad sísmica (Zizi et al., 2021).

La evaluación de la vulnerabilidad sísmica en instalaciones hospitalarias es un tema de mucho interés por su potencial impacto socio-económico. Los hospitales son sistemas complejos que, a diferencia de las estructuras convencionales, poseen una mayor vulnerabilidad no estructural y funcional. La evaluación de la vulnerabilidad puede realizarse de forma detallada o de forma simplificada (Hidalgo-Leiva et al., 2016).

Desastres como los terremotos, huracanes e inundaciones amenazan la zona urbana y la vulnerabilidad de los edificios puede provocar un elevado número de muertes y lesiones a las personas y daños a las construcciones. Los hospitales y centros de salud desempeñan un papel crucial a la hora de brindar atención adecuada a las personas heridas durante y después de los desastres. La complejidad de las actividades y la dependencia de diferentes factores en el desempeño hospitalario ha ocasionado que esta importante infraestructura sea vulnerable a las consecuencias de los desastres, y esta vulnerabilidad se ha convertido en un desafío importante tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo (Fallah-Aliabadi et al., 2020).

La resiliencia de una zona urbana, viviendas, escuelas, hospitales, infraestructuras, etc., es vital para la continuación de la vida después de un desastre. En términos generales, la resiliencia puede estar relacionada con sostener la influencia de eventos extremos y recuperar el rendimiento y la funcionalidad principal de manera eficiente. Bruneau & Reinhorn (2007) introdujeron una definición básica de resiliencia: “La resiliencia (R) se define como una función que indica la capacidad de mantener un nivel de funcionalidad o desempeño para un determinado edificio, puente, redes vitales o comunidad, durante un período definido como el tiempo de control (TLC) que normalmente lo deciden los propietarios, o la sociedad” (Samadian et al., 2019).

En la actualidad un alto porcentaje de infraestructura hospitalaria construida hace más de treinta años, carece de consideraciones sísmo resistentes, razón por la cual necesitan ser intervenidas. Los registros existentes de los últimos tiempos reportan como los eventos sísmicos han afectado significativamente diferentes instalaciones de esta naturaleza de Latinoamérica las cuales han sido afectadas, en mayor o menor grado, reduciendo la capacidad de prestar el servicio a la comunidad, generando un escenario que compromete la prestación del servicio a las personas afectadas (Castillo, 2016).

La rehabilitación de estructuras existentes es más compleja que el diseño de nuevos edificios. Primero, es necesario definir el nivel de vulnerabilidad e identificar las criticidades estructurales. Posteriormente, se deben seleccionar las intervenciones de rehabilitación para mitigar el riesgo sísmico y lograr un buen equilibrio entre seguridad estructural, coste y facilidad de ejecución.

El proceso lógico se puede organizar en cuatro pasos, según Zizi et al. (2021):

Paso 1: recopilación de información histórica y caracterización geométrica y estructural del edificio en estudio.

Paso 2: definición de las propiedades mecánicas de los materiales existentes mediante ensayos in situ destructivos y no destructivos.

Paso 3: evaluación del nivel de seguridad según diferentes estados límite mediante análisis lineales y/o no lineales.

Paso 4: definición de las intervenciones estructurales necesarias para lograr la solución económica y estructural más ventajosa.

2. Metodología

La investigación corresponde a un estudio cuantitativo, de tipo aplicado, de diseño no experimental, transversal y de simulación computacional, basado en normas de diseño sismorresistente. La investigación tendrá un enfoque cuantitativo, ya que se analizarán variables estructurales mediante modelos matemáticos y simulaciones numéricas para determinar la respuesta sísmica de la edificación. El trabajo de investigación es de carácter científico de nivel descriptivo. Las técnicas que se utilizaron son la observación, entrevistas con el personal que administra la infraestructura objeto de investigación, así como también un análisis documental y de contenido.

2.1. Recolección de información

La información necesaria se obtendrá mediante: planos arquitectónicos y estructurales; memorias de cálculo (si existen); inspección visual de la estructura; levantamiento de dimensiones y elementos estructurales; información de materiales (resistencia del hormigón y acero); estudios geotécnicos del sitio, si están disponibles; normativa vigente NEC-15.

2.2. Modelación estructural

Se desarrollará un modelo tridimensional de la estructura utilizando un software especializado Etabs V19.1.0. En el modelo se definirán: geometría de la estructura; propiedades mecánicas de los materiales; secciones de vigas, columnas y losas; condiciones de apoyo; masas sísmicas; cargas permanentes y variables; combinaciones de carga establecidas por la normativa.

2.3. Definición de la acción sísmica

El sismo de análisis se establecerá de acuerdo con la normativa ecuatoriana, considerando: zona sísmica de Loja; tipo de suelo; factor de importancia por tratarse de un hospital; espectro de diseño; nivel de amenaza correspondiente a un sismo de mediana magnitud.

2.4. Variables de estudio

Variable independiente: acción sísmica de mediana magnitud.

Variable dependiente: comportamiento estructural del Bloque E.

2.5. Procesamiento y análisis de datos

Los resultados obtenidos del modelo estructural se procesarán mediante tablas, gráficos y comparaciones con los límites establecidos en la normativa vigente.

Se evaluará: cumplimiento de derivas máximas; distribución de rigidez; concentración de esfuerzos; elementos críticos; nivel de desempeño esperado de la estructura frente al evento sísmico considerado.

3. Resultados

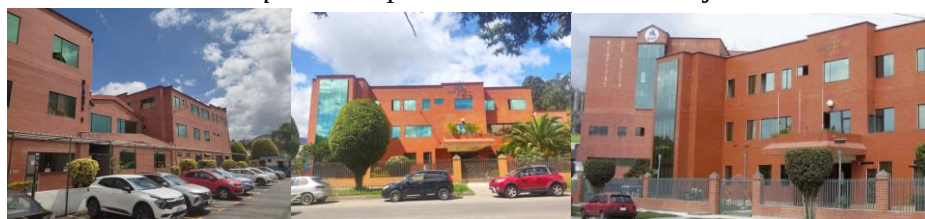
Posterior al desarrollo del análisis dinámico no lineal mediante modelos computacionales del Bloque E del hospital Solca Núcleo de Loja, se realizó la cuantificación del comportamiento de la estructura. Los datos que se obtuvo del análisis fueron los niveles de deriva, deformación y respuesta global de la edificación frente a un evento sísmico extremo. A continuación, se exponen los resultados obtenidos, los cuales demuestran que la estructura actual no se ajusta a los parámetros de desempeño por la normativa vigente en el Ecuador.

3.1. Descripción estructural

El “Bloque E” del Hospital Solca Núcleo de Loja, es una estructura con aproximadamente 3,998.46 m² de construcción, como se muestra en las **Figura 1** y **Figura 2**, la estructura presenta una planta y elevación relativamente regular, tiene tres plantas de construcción (planta baja, primera planta alta, segunda planta alta y cubierta), la altura típica de entre piso es de 4 metros.

Figura 1

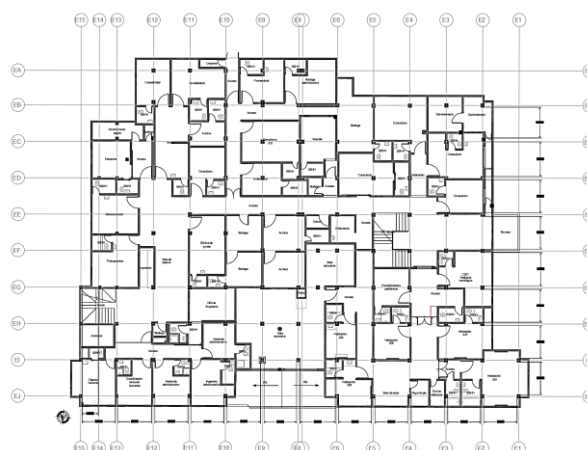
Bloque E Hospital Solca Núcleo de Loja



La edificación objeto de esta investigación tiene 62 años de antigüedad, como se muestra en la **Figura 2**, su estructura está conformada por pórticos de hormigón armado, consta de 3 plantas y en la actualidad su uso está destinado a consulta externa y también alberga equipos especiales como un tomógrafo. La casa de salud se encuentra ubicada en el barrio El Valle, parroquia El Valle, cantón y provincia de Loja.

Figura 2

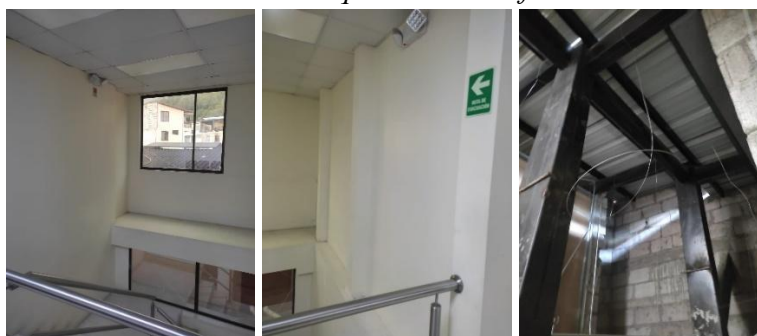
Vista en planta primera planta alta del Bloque E del hospital SOLCA Núcleo de Loja



El “Bloque E” del Hospital Solca Núcleo de Loja, corresponde a una estructura que en sus dos primeras plantas (planta baja y primera planta alta), se encuentra conformada por pórticos de hormigón armado y su segunda planta alta se encuentra conformado por perfiles de acero estructural con su respectiva cubierta como se puede observar en la **Figura 3**.

Figura 3

Elementos estructurales del “Bloque E” del edificio Solca Núcleo de Loja



3.2. Propiedades de los materiales

No existen estudios realizados de caracterización de los materiales que conforman la estructura del “Bloque E” del Hospital Solca Núcleo de Loja, no se cuenta con información documental en etapas de diseño o construcción de la estructura. Para la evaluación estructural se adoptó como referencial una resistencia a la compresión del hormigón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. Adicionalmente, se realizó ensayos de detección de aceros con el objeto de estimar el armado del concreto en columnas y vigas principalmente

3.3. Acero de refuerzo en la estructura

Se estimó la cantidad de acero de refuerzo en las secciones de columnas y vigas existentes, para este fin, se obtuvo el diámetro aproximado de las barras, su espaciamiento y el número de barras en las secciones de la estructura mediante un detector de materiales de pared como se observa en la **Figura 4**, mismo que tiene la capacidad de detectar metales magnéticos como el hierro.

Figura 4

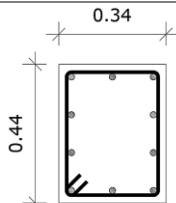
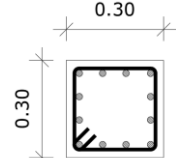
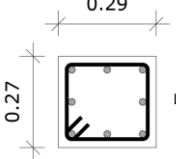
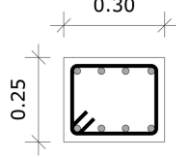
Ensayo mediante pachometro en secciones de columna



En las mediciones realizadas en la estructura en análisis, se estimaron los siguientes armados en sus secciones (**Tabla 1**).

Tabla 1

Armado de secciones en la estructura del Bloque E

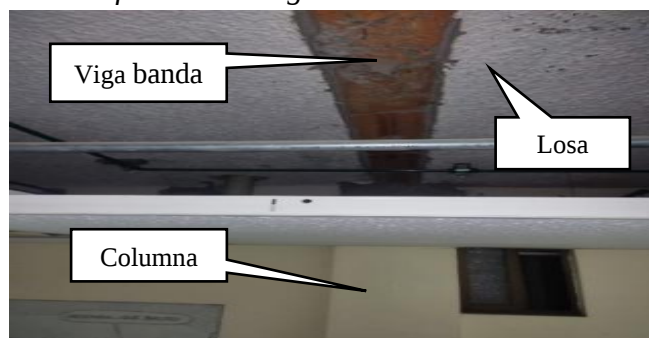
Columnas	
Dimensiones: 44cm x 34cm Número de barras: 7 ϕ 14mm Estribos: 10 mm cada 15cm	 Esquinas ϕ 4Ø14 Longitudinales ϕ 6Ø14 1EØ10@0.15 Mc
Dimensiones: 30cm x 30cm Número de barras: 12 ϕ 12mm Estribos: 10 mm cada 15cm	 Esquinas ϕ 4Ø12 Longitudinales ϕ 8Ø12 1EØ10@0.15 Mc
Dimensiones: 29cm x 27cm Número de barras: 8 ϕ 12mm Estribos: 10 mm cada 15cm	 Esquinas ϕ 4Ø12 Longitudinales ϕ 4Ø12 1EØ10@0.15 Mc
Vigas	
Dimensiones: 30cm x 25cm Número de barras: 8 ϕ 12mm Estribos: 10 mm cada 15cm	 Superior ϕ 4Ø12 Inferior ϕ 8Ø12 1EØ10@0.15 Mc

3.4. Identificación de patologías estructurales

En el levantamiento de información de la estructura se pudo identificar la existencia de vigas banda (**Figura 5**), método constructivo común en el año de construcción de la edificación, este hallazgo supone un aporte menor en la rigidez de los nudos de la estructura frente a cargas sísmicas.

Figura 5

Identificación de vigas banda en la estructura



3.5. Modelamiento estructural

3.5.1. Definición de cargas

Las cargas para el modelo estructural se definieron de acuerdo con la NEC-SE-CG “Cargas no sísmicas”, del apéndice de la mencionada norma se tomaron como referencia para la carga muerta y carga viva, los siguientes valores para elementos estructurales y no estructurales (**Tabla 2**).

Tabla 2

Valores de carga muerta y carga viva considerados para el análisis

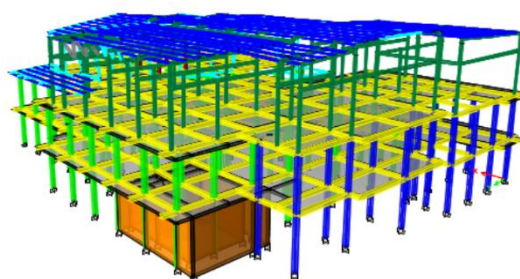
Carga muerta (CM)	
Carga muerta considerando peso de mampostería y acabados	0.62 Ton/m ²
Carga viva (CV)	
Carga viva de entrepiso	0.29 Ton/ m ²
Carga viva de techo	0.13 Ton/ m ²

3.5.2. Modelo estructural

Una vez obtenidos los datos de la distribución arquitectónica de la estructura, se procedió a realizar el modelamiento en el programa Etabs V19.1.0, a continuación, en la **Figura 6** se muestra el modelo tridimensional de la estructura.

Figura 6

Modelo estructural del “Bloque E”



Tomando en cuenta que, el último nivel de la estructura está conformado por estructura metálica mediante perfiles de acero, se realizó la bajada de cargas hacia la última losa, teniendo así para el análisis solamente lo que corresponde a la estructura de hormigón. Realizando un análisis modal de la estructura, se tiene los siguientes resultados de la **Tabla 3**.

Tabla 3

Características dinámicas de la estructura

Modo	Periodo (s)	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
1	0.87	0.30	0.13	0.00	0.30	0.13
2	0.78	0.00	0.30	0.00	0.30	0.43

3.5.3. Método tiempo historia

El análisis tiempo historia es un análisis “paso a paso” de la respuesta dinámica de una edificación para una carga específica que es variable en el tiempo. Cuando el comportamiento sísmico de las estructuras lo amerita es necesario un estudio más refinado para representar con mayor aproximación el comportamiento lineal de las estructuras ante fuerzas sísmicas. El método “paso a paso” en el tiempo consiste en someter a la estructura a un sismo real o sintético pudiendo estar o no escalado.

Newmark (1959) desarrolló una familia de métodos paso a paso en el tiempo basándose en las siguientes ecuaciones:

- Los parámetros β y γ definen la variación de la aceleración durante un paso de tiempo y determinan las características de estabilidad y precisión del método.
- La selección típica de γ es de $1/2$, y $1/6 \leq \beta \leq 1/4$ es satisfactoria desde todos los puntos de vista, incluido el de la precisión.

Estas dos ecuaciones, en combinación con la ecuación de equilibrio al final del paso de tiempo, proporcionan la base para calcular u_{i+1} , $\ddot{u}_{i+1}$ y $\ddot{\ddot{u}}_{i+1}$ en el tiempo $i + 1$ a partir de u_i , $\ddot{u}_i$, y $\ddot{\ddot{u}}_i$ conocidas en el tiempo i . Para implementar estos cálculos es necesario iterar debido a que la $\ddot{u}_{i+1}$ desconocida aparece en el lado derecho de la ecuación (Chopra, 2014).

3.5.4. Selección de registros sísmicos

Para la selección de los registros sísmicos, se tomó como criterio principal el tipo de suelo sobre el cual se encuentra la estructura, para este caso, un suelo tipo C, que según el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador (MIDUVI, 2014) corresponde a perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplen con el criterio de velocidad de la onda de cortante ($760 \text{ m/s} > V_s \geq 360 \text{ m/s}$).

Los registros sísmicos se obtuvieron de la base digital *PEER Ground Motion Database*, sus características principales, son las que se muestran en la **Tabla 4**.

Tabla 4

Registros sísmicos seleccionados para el análisis tiempo historia

Nombre sismo	Año	Estación	Magnitud	Intensidad Arias (m/s)	Mecanismo o de falla	Distancia Rrup (km)	Vs30 (m/s)
Loma Prieta	1989	“LGPC”	6.93	7.90	Reverse Oblique	3.88	594.83
Chi Chi Taiwan	1999	“CHY028”	7.62	5.90	Reverse Oblique	3.12	542.61
Chi Chi Taiwan	1999	“CHY080”	7.62	9.30	Reverse Oblique	2.69	496.21
Bam Iran	2003	“Bam”	6.60	8.00	strike slip	1.70	487.40
Christchurch New Zealand	2011	“Heathcote Valley Primary School “	6.20	12.40	Reverse Oblique	3.36	422.00

3.5.5. Definición del espectro objetivo

Para la definición del espectro objetivo, se tomó en cuenta lo que establece la NEC 2015 para estructuras esenciales, la cual establece que para este tipo de estructuras como nivel de frecuencia de tipo muy raro y amenaza sísmica de tipo extremo (MIDUVI, 2014).

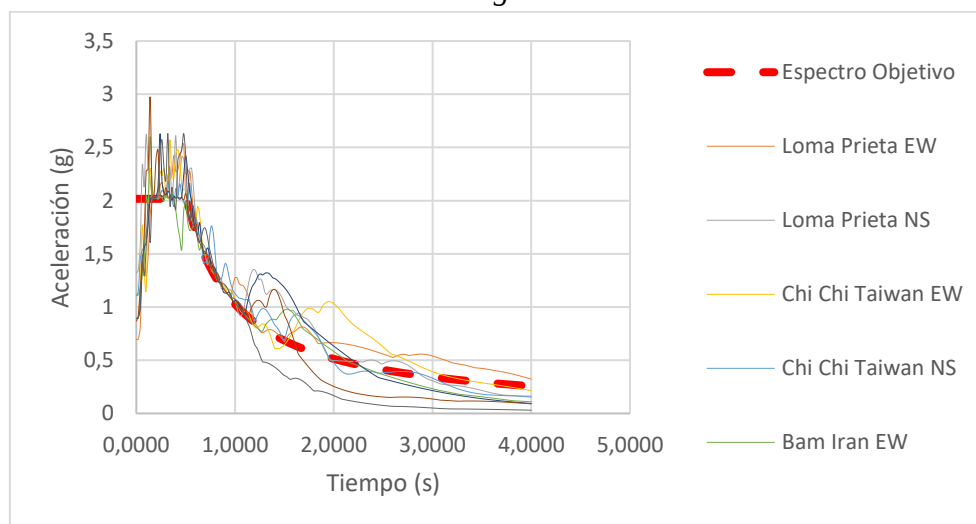
Los parámetros considerados para la construcción del espectro objetivo son los siguientes: factor de importancia: 1.5 (literal 4.1 NEC 2015 Peligro Sísmico), factor de regularidad en planta: 0.90 (se considera cierta irregularidad en planta), factor de regularidad en elevación: 1.00 (no se considera irregularidad en elevación), factor de reducción de respuesta sísmica R : 1.00, factor Z : 0.3754, n : 2.48 (valor considerado para la región sierra), h : altura de la estructura: 8.00 m (MIDUVI, 2014).

3.5.6. Escalado de registros sísmicos

Se desarrolló el análisis no lineal tiempo historia, el cual consistió en conocer la respuesta de la estructura con los registros de aceleración previamente escalados igual al espectro de diseño con un $R=1$.

Como se observa en la **Figura 7**, se tuvo en cuenta la consideración en la cual el valor medio de los espectros no caiga por debajo de 1.4 veces del espectro para el sismo de diseño durante periodos entre 0.2 y 1.5 s.

Figura 7
Escalado de registros sísmicos



4. Discusión

Una vez realizado el análisis dinámico no lineal tiempo historia de la estructura, se evaluó el parámetro de deriva de piso, del cual se obtuvo los resultados de la **Tabla 5** y **Tabla 6**.

Tabla 5

Resultados de deriva en sentido X

Nivel	SENTIDO X (%)			
	Loma Prieta	Chi-Chi-Taiwan	Bam-Iran	Christchurch-New Zealand
2	3.19	5.31	2.82	3.65
1	0.62	0.58	0.41	0.70

Tabla 6

Resultados de deriva en sentido Y

Nivel	SENTIDO Y (%)			
	Loma Prieta	Chi-Chi-Taiwan	Bam-Iran	Christchurch-New Zealand
2	4.17	5.77	3.73	4.64
1	0.51	0.45	0.39	0.55

Según CÓDIGO NEC-SE-DS del año 2015, en su literal 4.3.4 para edificaciones esenciales establece dos niveles de desempeño, el primero una limitación de daño (nivel de seguridad de vida) ante un terremoto de 475 años de periodo de retorno y el segundo denominado no colapso (nivel de prevención de colapso) ante un terremoto de 2500 años de periodo de retorno.

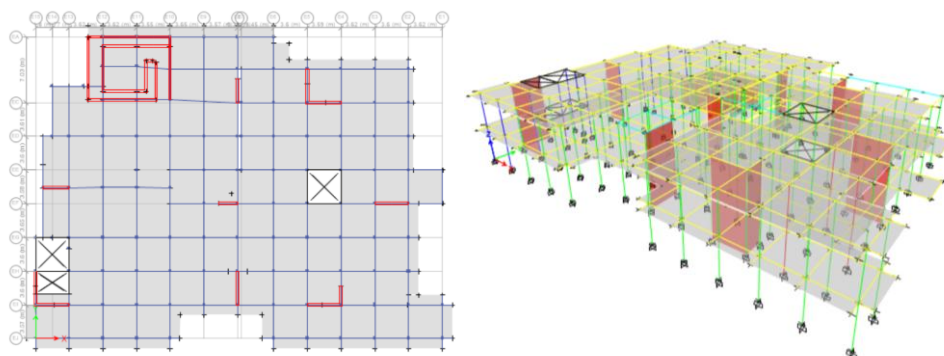
FEMA Mitigation Division del gobierno de Estados Unidos en su documento *Multihazard Los Estimation Methodology HAZUS* determina la relación existente entre el daño y deriva en edificios, según este documento, la estructura en análisis corresponde a una conformada por pórticos especiales a momento de baja altura (1 a 3 niveles) representado como C1L.

El método propuesto por HAZUS estima que, para un estado de daño moderado, la deriva máxima es de 8.7/1000 (0.0087), relacionando esto con los resultados obtenidos y con lo que establece el código vigente en el Ecuador, la estructura en análisis no cumple con los límites de deriva establecidos.

Para mejorar el nivel de desempeño de la edificación, se propone realizar el reforzamiento de la estructura mediante muros de corte ubicados en zonas específicas de la edificación, como se muestra en la **Figura 8**.

Figura 8

Propuesta de reforzamiento mediante muros de corte, vista en planta y tridimensional



Con las modificaciones propuestas, según la metodología propuesta por HAZUS, la estructura en análisis corresponde a una conformada por muros de corte de baja altura (1 a 3 niveles) representado como C2L.

Las propiedades dinámicas de la estructura con la propuesta de reforzamiento son las que se muestran en la **Tabla 7**.

Tabla 7

Propiedades dinámicas de la estructura reforzada

Mode	Periodo segundos	UX	UY	SumUX	SumUY
1	0.24	0.21	0.43	0.21	0.43
2	0.18	0.47	0.12	0.68	0.55

La incorporación de muros de corte en la estructura mejora notablemente sus propiedades dinámicas, de la misma manera, existe una mejoría en sus desplazamientos laterales.

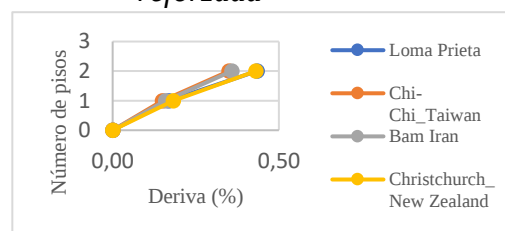
Tabla 8

*Resultados de deriva en sentido
X en la estructura reforzada*

SENTIDO X (%)				
Nivel	Loma Prieta	Chi Chi Taiwan	Bam Iran	Christchurch New Zealand
2	0.43	0.35	0.36	0.43
1	0.17	0.15	0.16	0.18

Figura 9

Derivas en sentido X en estructura reforzada



En la **Tabla 8 – Figura 9** y **Tabla 9 – Figura 10** se muestra el parámetro de deriva obtenido para los sentidos X e Y.

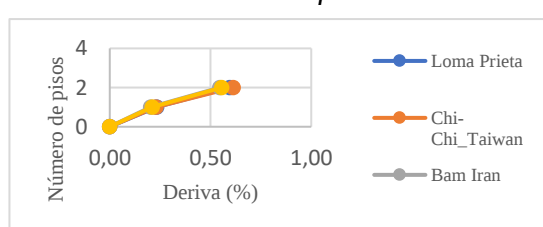
Tabla 9

*Resultados de deriva en sentido
Y en la estructura reforzada*

SENTIDO Y (%)				
Nivel	Loma Prieta	Chi Chi Taiwan	Bam Iran	Christchurch New Zealand
2	0.59	0.61	0.55	0.56
1	0.23	0.23	0.20	0.21

Figura 10

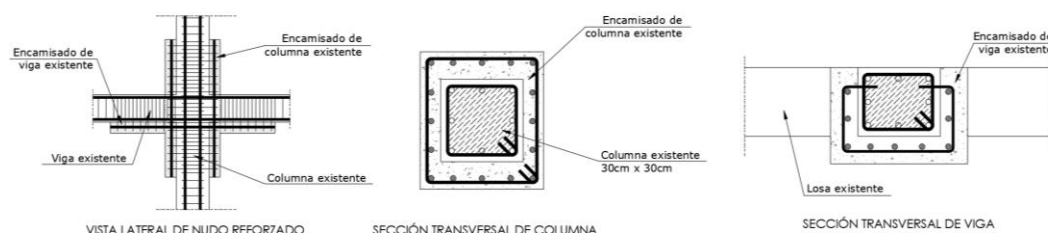
Derivas en sentido Y en estructura reforzada



Para mejorar el desempeño del nudo en los pórticos de la estructura es imprescindible reforzar la zona protegida de los mismos, esto con la finalidad de mejorar su rigidez (disminución de rotación) frente a las acciones producidas por cargas sísmicas, frente a

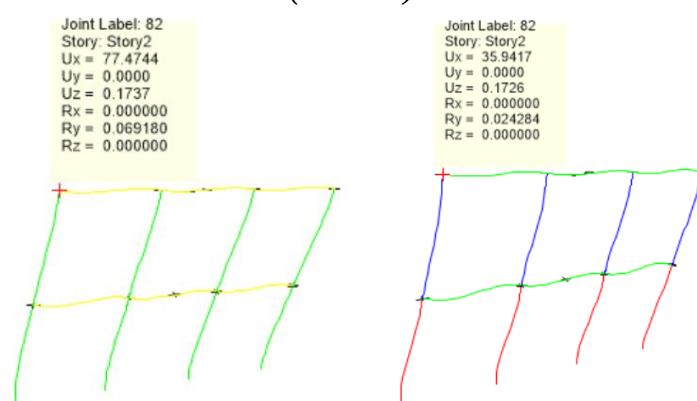
esta problemática, se planteó el reforzamiento en el nudo por medio del encamisado de las secciones viga-columna como se muestra en la **Figura 11**.

Figura 11
Reforzamiento de nudo en estructura



Para cuantificar la efectividad de la propuesta de reforzamiento en los nudos, se idealizó un modelo estructural en dos dimensiones tomando en cuenta las cargas actuantes en la estructura (carga muerta, carga viva, carga sísmica), la geometría de un pórtico representativo de la edificación (pórtico con mayor luz), de lo cual se obtuvo los resultados que se muestran en la **Figura 12**.

Figura 12
Comparación de rotación en el nudo sin reforzar (izquierda) y nudo reforzado (derecha)



Según los resultados mostrados, con la propuesta de rigidización de los nudos se obtiene un mejoramiento respecto a la rotación de los nudos en la estructura aumentado la rigidez y disminuyendo su rotación hasta un poco más del cincuenta por ciento frente a cargas sísmicas.

5. Conclusiones

- Es necesario la evaluación estructural de las edificaciones esenciales que actualmente se encuentran operativas en el país, ya que, así como en el presente caso de estudio por el tiempo de antigüedad y métodos constructivos con los cuales fueron proyectadas, no se ajustan al nivel de desempeño que establece el código de construcción vigente en el Ecuador.
- Es de suma importancia la incorporación de instrumentación sísmica en las edificaciones esenciales, específicamente, las que han sido construidas antes de la implementación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción vigente, esto permitirá medir con precisión el comportamiento dinámico real de la estructura y estimar la capacidad estructural residual de la misma.
- Para realizar una evaluación estructural con mayor precisión, específicamente en lo que se refiere a la determinación de las propiedades de los materiales de una estructura requiere de equipos con un alto nivel de tecnología y con un enfoque de ensayos no destructivos, lo cual, instala un cierto grado de dificultad por el acceso y el costo que esto conlleva.
- El método de reforzamiento mediante muros de corte en una estructura presenta resultados efectivos en el cumplimiento de las derivas objetivo que propone el método de HAZUS para un nivel de daño moderado.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

7. Derechos de autor (copyright)

Los autores son los titulares de los derechos de autor (patrimoniales y/o de explotación) de los contenidos de la revista (*copyright*).

8. Declaración de contribución de los autores

Los autores declaran haber participado de manera equitativa y sustancial en la realización de esta investigación, bajo las responsabilidades según la [Taxonomía CRediT](#) para describir las contribuciones individuales de cada autor al trabajo.

Dalton Vladimir Jimbo Quevedo, realizó la conceptualización de la investigación, curación de datos, análisis formal, organización y ejecución del ensayo, recopilación y curación de los datos, revisión del análisis estadístico, interpretación de los resultados, elaboración del borrador original, preparación de tablas y figuras, revisión crítica del contenido y aprobación de la versión final del manuscrito.

Juan Sebastián Maldonado Noboa, realizó la conceptualización, supervisión académica y metodológica de la investigación, brindó orientación durante el desarrollo del ensayo,

revisó el análisis y la interpretación de los resultados, efectuó la revisión crítica del manuscrito, realizó la corrección científica y académica y aprobó la versión final para su publicación.

Divulgación de la delegación a la IA generativa

La responsabilidad del manuscrito final recae íntegramente en los autores.

Las herramientas GAI no figuran como autores y no asumen responsabilidad por los resultados finales.

Declaración presentada por: Dalton Vladimir Jimbo Quevedo.

9. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

10. Referencias bibliográficas

- Augenti, N., Cosenza, E., Dolce, M., Manfredi, G., Masi, A., & Samela, L. (2004). Performance of school buildings during the 2002 Molise, Italy, earthquake. *Earthquake Spectra*, 20(1S), 257-270. <https://doi.org/10.1193/1.1769374>
- Bruneau, M., & Reinhorn, A. (2007). Exploring the concept of seismic resilience for acute care facilities. *Earthquake Spectra*, 23(1), 41–62. <https://doi.org/10.1193/1.2431396>
- Castillo Sarango, D. J. (2016). *Vulnerabilidad sísmica del edificio principal del hospital Eugenio Espejo* [Tesis de maestría, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19968>
- Chopra, A. K. (2014). *Dinámica de estructuras*. Pearson. <https://hebmerma.com/wp-content/uploads/2020/10/Dinamica-de-Estructuras-4Ed-Anil-K.-Chopra-1.pdf>
- Fallah-Aliabadi, S., Ostadtaghizadeh, A., Ardalan, A., Eskandari, M., Fatemi, F., Mirjalili, M. R., & Khazai, B. (2020). Risk analysis of hospitals using GIS and HAZUS: a case study of Yazd County, Iran. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 47(101552), 101552. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101552>
- Fauzan, Agista, G. A., Syandriaji, D., Al Jauhari, Z., & Suwarso, D. B. (2025). Seismic vulnerability assessment of a hospital building with and without retrofitting using RC shear walls. *E3S Web of Conferences*, 604, 15003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202560415003>
- Garzón Andrade, A. L. (2020). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica. Aplicación a edificios convencionales, de especial importancia y esenciales* [Tesis de maestría, Escola de Camins, Barcelona, España]. <https://upcommons.upc.edu/server/api/core/bitstreams/3eedcbb9-bf40-409d-a730-521e7a8c0114/content>

- Ghaychi Afrouz, S., Farzampour, A., Hejazi, Z., & Mojarab, M. (2021). Evaluation of seismic vulnerability of hospitals in the Tehran metropolitan area. *Buildings*, 11(2), 54. <https://doi.org/10.3390/buildings11020054>
- Hidalgo-Leiva, D. A., Schmidt-Díaz, V., & Cruz Azofeifa, M. (2016). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de hospitales de Costa Rica con la aplicación de índices de vulnerabilidad. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 21(4), 437-452. <https://kerwa.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/47644bb4-65a0-41dc-a954-3050322e02f5/content>
- Kharazian, A., Guardiola-Villora, A., Galiana-Merino, J. J., Molina, S., Ortuño-Sáez, G., Soler-Llorens, J. L., Huesca-Tortosa, J. A., Gómez, I., & Montiel-López, D. (2025). Assessment of seismic vulnerability for a hospital building using field data and various numerical analyses considering bidirectional ground motion effects. *Applied Sciences (Switzerland)*, 15(1), 53. <https://doi.org/10.3390/app15010053>
- Masi, A., Santarsiero, G., & Chiauuzzi, L. (2012). *Vulnerability assessment and seismic risk reduction strategies of hospitals in Basilicata region (Italy)* [Conference: 15th World Conference on Earthquake Engineering, Lisboa]. https://www.researchgate.net/publication/257817663_Vulnerability_assessment_and_seismic_risk_reduction_strategies_of_hospitals_in_Basilicata_region_Italy
- Masi, A., Santarsiero, G., & Chiauuzzi, L. (2014). Development of a seismic risk mitigation methodology for public buildings applied to the hospitals of Basilicata region (Southern Italy). *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 65, 30-42. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2014.05.011>
- Medina, C. D., & Placencia, P. (2017). Reducción de la vulnerabilidad en estructuras esenciales de hormigón armado: hospitales, situadas en zonas de alto peligro sísmico en el Ecuador. *Revista Politécnica*, 40(1), 35-44. https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/744
- Menekşe, A., & Camgöz Akdağ, H. (2022). Seismic risk analysis of hospital buildings: a novel interval-valued spherical fuzzy ARAS. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 12(2). <https://doi.org/10.54560/jracr.v12i2.325>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del Ecuador [MIDUVI]. (2014). *NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Peligro sísmico – Diseño sismo resistente. <https://es.scribd.com/document/446420238/NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-1-jaime>
- Mohammad, A. F., Khan, R. A., Siddiqui, M. A., & Hammad, M. (2022). Case study: rapid seismic assessment of existing hospitals in Karachi †. *Engineering Proceedings*, 22(1), 8. <https://doi.org/10.3390/engproc2022022008>
- Newmark, N. M. (1959). A method of computation for structural dynamics. *Journal of the Engineering Mechanics Division*, 85(3), 67-94. <https://doi.org/10.1061/jmcea3.0000098>

- Perrone, D., Aiello, M. A., Pecce, M., & Rossi, F. (2015). Rapid visual screening for seismic evaluation of RC Hospital buildings. *Structures*, 3, 57–70.
<https://doi.org/10.1016/j.istruc.2015.03.002>
- Pisapia, A., Piluso, V., Montuori, R., Nastri, E., & Frattolillo, C. (2023). Seismic assessment and structural retrofitting of the Day-Hospital building “G. Pascale Foundation.” *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(3), 1663.
<https://doi.org/10.3390/app13031663>
- Quinde Martínez, P. D., & Reinoso Angulo, E. (2016). Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la ciudad de Cuenca. *Revista Ingeniería Sísmica*, (94), 1–26. <https://doi.org/10.18867/ris.94.274>
- Raoufy, A. A., Kheyroddin, A., & Naderpour, H. (2025). Seismic vulnerability assessment of hospital buildings in Kabul city (Afghanistan) using applied technology council (ATC – 21). *Asian Journal of Civil Engineering*, 26(1), 47–57.
<https://doi.org/10.1007/s42107-024-01027-7>
- Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., & Yepes, H. (2007). *Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador*. Corporación Editora Nacional. <https://es.scribd.com/document/472260152/Breves-fundamentos-sobre-los-terremotos-en-el-Ecuador>
- Sáenz Azorsa, U. H., & Santana, R. (2023). Seismic vulnerability in essential buildings through analytical fragility curves. *Revista Ingeniería de Construcción*, 38(2).
<https://doi.org/10.7764/RIC.00072.21>
- Samadian, D., Ghafory-Ashtiany, M., Naderpour, H., & Eghbali, M. (2019). Seismic resilience evaluation based on vulnerability curves for existing and retrofitted typical RC school buildings. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 127(105844), 105844. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2019.105844>
- Uros, M., Prevornik, S., Savor Novak, M., & Atalic, J. (2020). Seismic performance assessment of an existing RC wall building with irregular geometry: a case-study of a hospital in Croatia. *Applied Sciences*, 10(16), 5578.
<https://doi.org/10.3390/app10165578>
- Zizi, M., Bencivenga, P., Di Lauro, G., Laezza, G., Crisci, P., Frattolillo, C., & De Matteis, G. (2021). Seismic vulnerability assessment of existing Italian hospitals: the case study of the national cancer institute “G. Pascale Foundation” of Naples. *The Open Civil Engineering Journal*, 15(1), 182–202.
<https://doi.org/10.2174/1874149502115010182>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.

