

GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE COLEGIOS Y UNIVERSIDADES EN SANGOLQUÍ, LATACUNGA, AMBATO Y RIOBAMBA, UBICADAS ENCIMA DE LA MEGA-FALLA GUAYAQUIL - CARACAS, ECUADOR.



TÍTULO DE LA OBRA

GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE COLEGIOS Y UNIVERSIDADES EN SANGOLQUÍ, LATACUNGA, AMBATO Y RIOBAMBA, UBICADAS ENCIMA DE LA MEGA-FALLA GUAYAQUIL - CARACAS, ECUADOR.

EDITOR

Prof. Dr. Theofilos Toulkeridis

AUTORES

Kevin Sebastián Ballesteros Salazar
Diego German Caizaguano Montero
Cintya Natali Fajardo Cartuche
Paola Michelle Guevara Álvarez
Kimberlyn Karen Herrera Garcés
Carlos Vicente Ochoa Campoverde
Jhandry Santiago Torres Orellana
Adrián Valentín Araujo Velastegui
Alex Fernando Barreto Guamán
Margarita Alejandra Chimarro Lamar

Joselin Nataly Gómez Chamorro
Kerlly Natasha Sosa Demera
Kevin Joan Tenesaca Pacheco
Andrea Mariela Arroba Giraldo
Yadira Alexandra Chiliquinga López
José Javier Córdova Córdova
Juan Felipe Lema Morocho
Ingrid Patricia Pomatoca Guashpa
Jennifer Karina Quishpe Mejía

REVISIÓN EVALUACIÓN PARES

Arq. Rafael Unda

Arq. Víctor Morales

© COPY Junio 2025

1^{RA} EDICIÓN

ISBN DIGITAL: 978-9942-929-29-7

E-mail: ttoulkeridis@udet.edu.ec / theousfq@yahoo.com

DISEÑO DE PORTADA E INTERIOR

Prof. Dr. Theofilos Toulkeridis

La reproducción parcial o total y también la copia de este libro está permitida, mientras se cite la fuente en la siguiente forma:
Ballesteros Salazar, K.S., Caizaguano Montero, D.G., Fajardo Cartuche, C.N., Guevara Álvarez, P.M., Herrera Garcés, K.K., Ochoa Campoverde, C.V., Torres Orellana, J.S., Araujo Velastegui, A.V., Barreto Guamán, A.F., Chimarro Lamar, M.A., Gómez Chamorro, J.N., Sosa Demera, K.N., Tenesaca Pacheco, K.J., Arroba Giraldo, A.M., Chiliquinga López, Y.A., Córdova Córdova, J.J., Lema Morocho, J.F., Pomatoca Guashpa, I.P. & Quishpe Mejía, J.K. (2025). Grado de Vulnerabilidad Sísmica de colegios y universidades en Sangolquí, Latacunga, Ambato y Riobamba, ubicadas encima de la MegaFalla Guayaquil-Caracas, Ecuador. Ed. Toulkeridis, T., Editorial UDET, Quito, Ecuador, 178pp



Grado de Vulnerabilidad Sísmica de colegios y universidades en Sangolquí, Latacunga, Ambato y Riobamba, ubicadas encima de la MegaFalla Guayaquil-Caracas, Ecuador

**Kevin Sebastián Ballesteros Salazar; Diego German Caizaguano
Montero; Cintya Natali Fajardo Cartuche; Paola Michelle Guevara
Álvarez; Kimberlyn Karen Herrera Garcés; Carlos Vicente Ochoa
Campoverde; Jhandry Santiago Torres Orellana; Adrián Valentín
Araujo Velastegui; Alex Fernando Barreto Guamán; Margarita
Alejandra Chimarro Lamar; Joselin Nataly Gómez Chamorro; Kerlly
Natasha Sosa Demera; Kevin Joan Tenesaca Pacheco; Andrea Mariela
Arroba Giraldo; Yadira Alexandra Chiliquinga López; José Javier
Córdova Córdova; Juan Felipe Lema Morocho; Ingrid Patricia
Pomatoca Guashpa; Jennifer Karina Quishpe Mejía**

Junio 2025

Editor: Prof. Dr. Theofilos Toulkeridis



Agradecemos a todos directores y personal docente como administrativo de colegios e universidades, quienes nos permitieron a entrar en sus sitios de trabajo y a todos como funcionarios del Ministerio de Educación, que nos ayudaron a realizar esta obra!



Dedicado a los alumnos militares y civiles de la carrera de ingeniería civil

RESUMEN

En el presente estudio se desarrolla un análisis de vulnerabilidad sísmica mediante la “Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas (colegios e universidades), basada en la guía FEMA P-1000” elaborada por Ballesteros y Caizaguano (2020) y NEC-15. Esta guía permite obtener el grado de vulnerabilidad según los aspectos generales de la estructura tales como año de construcción, tipo de edificación según el FEMA, número de pisos, tipo de suelo, estado de elementos estructurales, elementos no estructurales y el grado de vulnerabilidad sísmica. En este proyecto se realizó la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de varias unidades educativas incluyendo universidades, en las ciudades de Sangolquí, Latacunga, Ambato y Riobamba, todas que se encuentran encima de la Mega-Falla Guayaquil-Caracas. El estudio se inició con la recopilación de información de las diferentes entidades educativas de las ciudades mencionadas, obteniendo los datos de la edificación, datos de construcción, tipo de suelo, riegos geológicos, tipología de la estructura, irregularidades, peligro de caídas exteriores, entre otros parámetros importantes. De igual forma para la evaluación de estas estructuras esenciales se determinó el nivel de sismicidad en base a las curvas de peligrosidad sísmica establecidas en la NEC-15. Una vez obtenidos estos datos se procedió a realizar las evaluaciones visuales rápidas con el objetivo de detallar cada una de las falencias que se presentaban tanto en la zona interna como externa de la estructura. Mediante los formularios se obtuvieron resultados a partir de los cuales se definen una serie de recomendaciones que permitirán reducir la vulnerabilidad sísmica que presentan las estructuras, ya sea por condiciones arquitectónicas y constructivas o por afectaciones que se vienen dando con el pasar de los años, todo esto en base al nivel promedio de vulnerabilidad de cada estructura. Con la obtención de los resultados se logra determinar tres rangos de vulnerabilidad sísmica, alto, medio y bajo, los cuales nos permitirá recomendar que se debe realizar o no un análisis estructural más detallado, en tal virtud se puede evaluar a la edificación de acuerdo a la vulnerabilidad sísmica obtenida mediante FEMA P-154, y con los resultados obtenidos tomar las decisiones más adecuadas para cada una de las estructuras evaluadas. De igual manera, se presentan varias sugerencias que permitirán reducir los riesgos en elementos no estructurales, los cuales podrían afectar el bienestar de los ocupantes ante la ocurrencia de un evento sísmico.

ABSTRACT

In the present study, a seismic vulnerability analysis is developed using the “Guide for the evaluation of the degree of seismic vulnerability of educational units (schools and universities), based on the FEMA P-1000 guide” prepared by Ballesteros and Caizaguano (2020) and NEC-15. This guide allows to obtain the degree of vulnerability according to the general aspects of the structure such as year of construction, type of building according to FEMA, number of floors, type of soil, state of structural elements, non-structural elements and the degree of seismic vulnerability. In this project, the evaluation of the degree of seismic vulnerability of several educational units, including universities, in the cities of Sangolquí, Latacunga, Ambato and Riobamba, all located above the Guayaquil-Caracas Mega-Fault, was carried out. The study began with the collection of information from the different educational entities of the aforementioned cities, obtaining building data, construction data, type of soil, geological risks, typology of the structure, irregularities, danger of external falls, among others. important parameters. Likewise, for the evaluation of these essential structures, the level of seismicity was determined based on the seismic hazard curves established in the NEC-15. Once this data was obtained, rapid visual evaluations were conducted with the aim of detailing each of the flaws that occurred both in the internal and external areas of the structure. Using the forms, results were obtained from which a series of recommendations are defined that will reduce the seismic vulnerability of the structures, either due to architectural and construction conditions or due to damage that has occurred over the years, all this based on the average level of vulnerability of each structure. By obtaining the results, it is possible to determine three ranges of seismic vulnerability, being high, medium and low, which will allow to recommend that a more detailed structural analysis should be realized or not, by virtue of which the building can be evaluated according to the seismic vulnerability obtained through FEMA P-154, and with the results obtained make the most appropriate decisions for each of the structures evaluated. Likewise, several suggestions are presented that will reduce the risks in non-structural elements, which could affect the well-being of the occupants in the event of a seismic event.

PREFACIO

Este estudio se basa en trabajos de integración curricular, previos a la obtención del título de Ingeniero Civil, realizados entre 2020 y 2024, por cuatro grupos de estudiantes de la Carrera de Ingeniería Civil del Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción (DCTC) de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Este iniciativa de investigación se basa en la idea del tutor principal Prof. Dr. Theofilos Toulkeridis (cuatro semestres, tutor de 17 tesis mas 2 tesis de co-tutoría) y cuenta con la asistencia de la Dra. Ana Gabriela Haro (un semestre, tutora de 2 tesis). Los trabajos se iniciaron y se realizaron durante la dirección del DCTC a cargo del M.Sc. Tcnl. Carlos Navarette como del M.Sc. Tcnl. Hugo Díaz, y la dirección de la Carrera de Ingeniería Civil por parte de la Ing. Maribel Aldás Vaca, Mgs. Todos los estudios realizados en el campo como gabinete fueron auto-financiados y se realizaron en tiempo libre, es decir en cargo de vacaciones, feriados como en fines de semana. Agradecemos a los evaluadores (ponentes) de estos trabajos cuales fueron los docentes-investigadores Manuel Cando Loachamin, Byron Omar Morales Muñoz, Pablo Enrique Caiza Sanchez y Blanca Adriana Chavez Ordoñez. Los resultados de los cuatro trabajos se han recopilado en forma completa sin cambios de fondo, y corresponden a los siguientes títulos:

- 1) Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí, basada en la guía FEMA P1000
- 2) Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de - unidades educativas de Sangolquí, basada en la guía FEMA P1000
- 3) Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas en Sangolquí, Latacunga y Portoviejo, basado en la guía FEMA P1000
- 4) Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas y universidades en Latacunga, Ambato y Riobamba, basada en la guía FEMA P1000

En base a estos cuatro aportes, 19 alumnos (Kevin Sebastián Ballesteros Salazar; Diego German Caizaguano Montero; Cintya Natali Fajardo Cartuche; Paola Michelle Guevara Álvarez; Kimberlyn Karen Herrera Garcés; Carlos Vicente Ochoa Campoverde; Jhandry Santiago Torres Orellana; Adrián Valentín Araujo Velastegui; Alex Fernando Barreto Guamán; Margarita Alejandra Chimarro Lamar; Joselin Nataly Gómez Chamorro; Kerlly Natasha Sosa Demera; Kevin Joan Tenesaca Pacheco; Andrea Mariela Arroba Giraldo; Yadira Alexandra Chiliquinga López; José Javier Córdova Córdova; Juan Felipe Lema Morocho; Ingrid Patricia Pomatoca Guashpa; Jennifer Karina Quishpe Mejía) obtuvieron su título de Ingeniería Civil dejando un resultado tangible, para el cual el estado ecuatoriano podría financiar de manera oportuna el

reforzamiento de edificios y/o infraestructura de entidades educativas como universidades para la cual se ha detectado una u otra debilidad, garantizando así el funcionamiento de las instalaciones, así como el bienestar de los integrantes alumnos, docentes y administrativo en servicio de la patria y sociedad. Es así que, el mayor objetivo es evitar que las instalaciones educativas de cualquier índole y propósito se vean afectadas o destruidas en caso de un terremoto. Lamentablemente, escenarios en los cuales las escuelas, colegios como universidades se han afectado hasta completamente destruido han ocurrido en varias ocasiones, dejando víctimas mortales de la parte de sociedad de los más inocentes que son los alumnos jóvenes entre otras personas en el ambiente de educación. Como ejemplo, registran un sinúmero de casos de diferentes terremotos como de México en el Septiembre 2017 o de China en 2008, entre tantos más en el mundo (Ver Figura A y B.).



Figura A. Colegio colapsado por terremoto del Septiembre 2017 en la ciudad de México, D.F., con 26 muertos, de mayoría alumnos. Crédito: México News Daily



Figura B. Un Kinder y una escuela colapsados por terremoto del Mayo 2008 en la provincia de Sichuan, China, con más de mil alumnos muertos. Crédito: China Photos/Getty Images

Prof. Dr. Theofilos Toulkeridis
Docente-Investigador
Director de Investigación y Producción Científica
Universidad de Especialidades Turísticas UDET
Quito, Ecuador

ÍNDICE

PARTE 1. INTRODUCCIÓN, CONTEXTO Y METODOLOGIA	Pag. 008
1. GENERALIDADES Y PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA	Pag. 008
2. ANTECEDENTES	Pag. 009
3. SITIOS DE ESTUDIOS	Pag. 015
4. CONTEXTO DE PARAMETROS Y METODOLOGÍA	Pag. 025
5. NORMATIVAS APLICADAS	Pag. 062
PARTE 2 RESULTADOS SANGOLQUÍ	Pag. 065
PARTE 3 RESULTADOS LATACUNGA	Pag. 120
PARTE 4 RESULTADOS AMBATO	Pag. 139
PARTE 5 RESULTADOS RIOBAMBA	Pag. 147
BIBLIOGRAFÍA	Pag. 163

PARTE 1. INTRODUCCIÓN, CONTEXTO Y METODOLOGÍA

1. GENERALIDADES Y PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

El Ecuador debido a su situación geográfica se encuentra ubicado en el Cinturón de fuego del Pacífico, alrededor de una cadena de volcanes que llegan hasta Chile, zona de alto riesgo sísmico. En este contexto geodinámico, el territorio Ecuatoriano presenta constantes movimientos en la zona de subducción, tipo ortogonal entre la placa Nazca y las placas continentales Sudamericana y Caribeña, con un promedio de 7cm/año en dirección este-noreste, convirtiéndolo en uno de los países con mayor actividad sísmica a nivel mundial. Esta constalación se agrava debido de la presencia de una falla transcurrente llamada Mega-Falla Guayaquil Caracas, la cual atraviesa el país, mayormente en la parte andina (Cahill & Isacks, 1992; Jordán et al., 1983; Lonsdale, 2005; Toulkeridis et al., 2017).

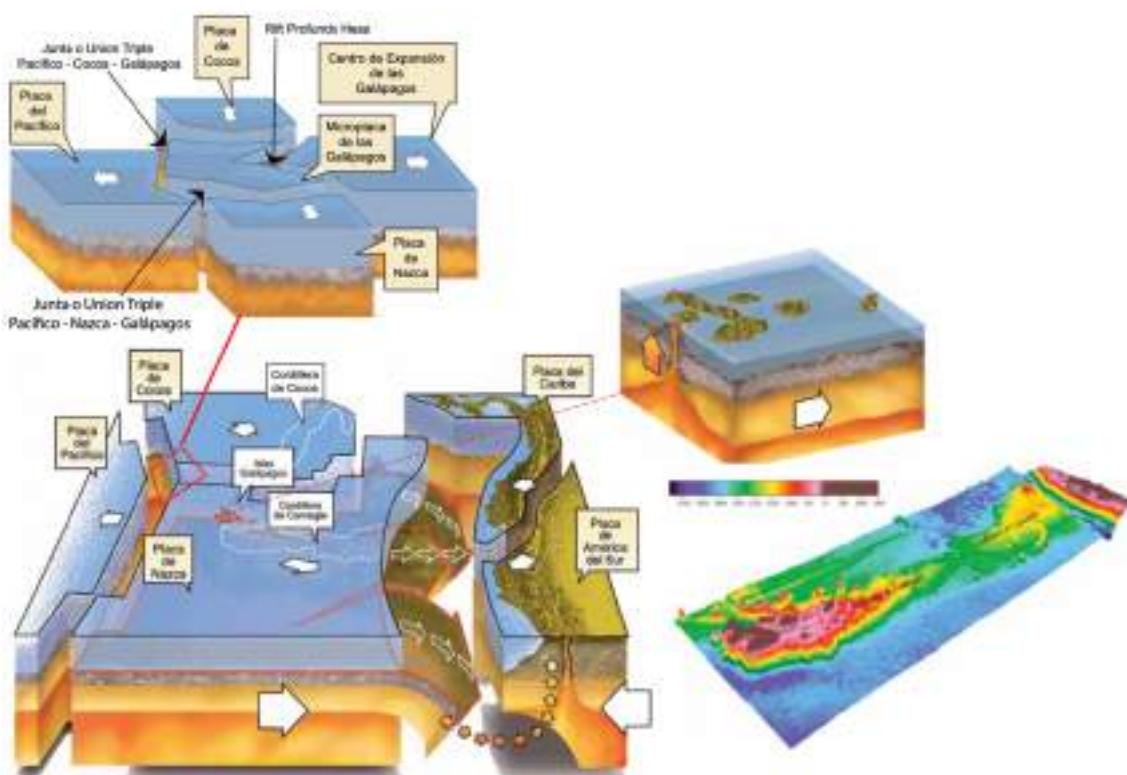


Figura 1. La situación geodinámica del Ecuador y placas asociadas, microplaca y crestas volcánicas (Microplaca Oceánica Galápagos, Placa Oceánica de Pacífico, de Nazca y Cocos, Placa Continental de Caribe y América del Sur, Cresta de Carnegie y de Cocos). Se nota la posición de las islas Galápagos en medio de la placa oceánica de Nazca arriba de un punto caliente. Además se nota la separación de las placas continentales del Caribe y América del Sur entre la Megafalla Guayaquil-Caracas. En la extrema izquierda de esta figura se nota una microplaca de aproximadamente 120 km de longitud en 2°N en la zona de separación de las placas Nazca, Cocos y Pacífico, en la región en la que se esperaba tener una junta o unión triple entre las placas referidas, cual subsecuente se nombró “Galápagos” debido de estar la tierra mas cercana, a pesar que las Islas Galápagos se encuentran a 1100 km en dirección oriental de la misma. El Rift Profundo Hess es la parte mas profunda de un valle expansivo tipo “Rift”, causando la propagación de la parte terminal occidental del Centro de Expansión de las Galápagos, la cual se encuentra entre las placas Nazca y Cocos, justo en la parte extrema oriental de la Microplaca Oceánica Galápagos. Abajo derecha se aprecia la morfología tridimensional y batimétrica de la cordillera de Carnegie y la Fosa Ecuatoriana (Toulkeridis, 2011).

A lo largo de la historia, Ecuador ha presentado sismos potenciales que han causado mucho daño especialmente asociados con las fallas presentadas en la placa sudamericana. Entre los más importantes se encuentra el terremoto ocurrido en Esmeraldas en 1906 que alcanzó una magnitud de 8.8 Ms, el de Ambato dado el 5 de Agosto de 1949 con una magnitud de 6,8 ML, el de Bahía de Caráquez en 1997 con una magnitud de 7,1 y el sismo más reciente es el ocurrido el 16 de abril del 2016, afectando principalmente, a Manabí y Esmeraldas con una magnitud de 7,8 MW (Ye et al., 2016; Yamanaka et al., 2017; Sennson & Beck, 1996; Pararas-Carayannis, 2012; Toulkeridis et al., 2019). Todos estos terremotos han tenido un severo impacto ya que ocasionaron pérdidas humanas y económicas dejando en evidencia falencias en fases de diseño y construcción sismorresistente, dado que se reportaron porcentajes altos de construcciones ilegales (Pimbo, 2021).



Figura 2. Izquierda: Hospital en Ambato arruinado por el terremoto en 1949. Derecha: Colapso del edificio de la Unidad Educativa “Linus Pauling” en Manta debido del terremoto del 2016 (Nikolaou et al., 2016).

Dadas estas circunstancias en Ecuador y en el mundo entero, se han establecido normas que deben ser aplicadas en el ámbito constructivo de manera que garanticen y proporcionen seguridad a los ciudadanos. Estos diversos fenómenos naturales se han ido presentando de manera diferente ya sea empezando con un pequeño movimiento en la tierra o manifestándose de manera destructiva ocasionando un terremoto de gran magnitud. Por lo tanto, existen diversas formas de mitigar y evitar el colapso de los edificios, la principal es la prevención a través de informar a los ciudadanos sobre el riesgo que existe al construir de manera ilegal, sin control (Chávez, 2016).

2. ANTECEDENTES

Ciudad de México, 19 de septiembre de 1985. Siendo las 7:19 horas un sismo de magnitud de magnitud 8,1 sacude a la capital mexicana, devasta la zona centro de la ciudad, provoca serios daños en cientos de edificios y causa la muerte de miles de personas. No se supo exactamente la cifra real de fallecidos, pero la Cruz Roja Mexicana estima que fueron más de 10.000 víctimas mortales. Tampoco se conoce el número preciso de personas damnificadas y afectadas

psicológicamente por el terremoto. A raíz de este fenómeno natural, en México se elaboraron nuevos reglamentos para que pequeñas casas y grandes edificios sean construidos de manera tal que resistan movimientos telúricos de gran magnitud, como el acaecido aquel aciago 19 de septiembre de 1985. Lo curioso de este caso es que la mayoría de construcciones afectadas fueron relativamente nuevas, mientras las casas y palacios edificados en la época colonial casi no sufrieron daños (Singh et al., 1988; Campillo et al., 1989).



Figura 3. Terremoto de México en 1985, de ABC News

Entonces surgió la necesidad de estudiar la composición del suelo antes iniciar cualquier tipo de construcción, por ejemplo, los expertos manifiestan que en los lugares donde hubo devastación, el suelo se compone fundamentalmente de arcilla; además, es bien conocido que un buen porcentaje del actual centro de la capital mexicana fue zona lacustre en la época prehispánica y en cierto período de la época colonial.

La ciudadanía y movimientos sociales del país azteca tomaron conciencia y visualizaron la importancia de establecer una cultura de protección civil frente a diversos fenómenos como terremotos, aluviones, inundaciones, huracanes e, inclusive, incendios. Por lo menos una vez al año se realizan simulacros de evacuación, auxilio y ayuda en centros educativos, dependencias públicas y empresas, en donde hay personas capacitadas para realizar este tipo de labores en casos de desastres naturales.

Otro terremoto que causó commoción a nivel mundial fue el que ocurrió en Haití. Fue un sismo de 7 grados en la escala de Richter, claro que fue un grado menos del ocurrido en México DF, pero la devastación fue mucho mayor y cobró más de 200.000 víctimas mortales! Se destruyeron totalmente importantes edificios como el Hotel Christopher (de tres estrellas) que

servía de sede al Centro de Comando de la Misión de Estabilización de las Naciones Unidas (MINUSTAH); también colapsaron el Palacio de los Ministros, el de la Protección Civil y otras edificaciones que acogían a entidades municipales y gubernamentales. La tragedia haitiana dejado lecciones sobre la precariedad de las construcciones que pueden generar miles de víctimas en un terremoto.



Figura 4. Terremoto de Haití, de *Reinaldo Fioravanti and Alejandro Fros*.

Uno de los casos emblemáticos de aquel terremoto fue el colapso del Hotel Christopher. Desde allí dirigían las actividades de estabilización política de Haití el jefe, subjefe y demás miembros de la misión militar encargada de velar el orden en ese país caribeño. El Hotel Christopher era el único en Puerto Príncipe que cumplía ciertos requisitos que exigía la Misión, requisitos referentes a suficiente energía eléctrica, agua y espacio; pero no cumplía los parámetros técnicos exigidos en una construcción segura, sismorresistente. Cuando sucedió el movimiento telúrico, el personal de la MINUSTAH se encontraba dentro del edificio, en cuestión de segundos quedaron bajo los escombros el jefe de la Misión y 37 miembros de la ONU (Voigt et al., 2011; Miura et al., 2016).

A parte de la seguridad sismorresistente que deben tener las construcciones civiles; las edificaciones militares como helipuertos, calles, carreteras, aeropuertos, sitios de evacuación, etc., con mucha mayor razón deben presentar elevadísimos estándares de seguridad contra terremotos u otros fenómenos naturales que atenten la vida de personas y destrucción de bienes materiales. Las Fuerzas Armadas deben estar bien preparadas hasta en los aspectos señalados

para prestar su contingente y ayuda, de manera óptima y exitosa, a la población y bienes afectados.

Uno de los casos dignos de mención es el japonés, por su condición geográfica y característica de país desarrollado, Japón corre el riesgo de sufrir terremotos, tsunamis y afectaciones a su central nuclear de Fukushima. En este país asiático se produjo en el año 2011 un terremoto de magnitud 9 y un tsunami que llegó a tener olas de hasta 10 metros de altura, la planta nuclear fue seriamente afectada. Lo que es peor, el asfalto de la pista del aeródromo militar de la Fuerza Aérea de Autodefensa de Japón sufrió graves daños, como consecuencia de ello se destruyeron algunas naves y se produjeron fuertes inundaciones. Con la pista dañada, el personal militar se vio eventualmente impedido de realizar una pronta y eficaz ayuda a la población (Mimura et al., 2011; Fraser et al., 2013; Norio et al., 2011).



Figura 5. Terremoto y tsunami en Japón, 2011, de NPR.

Ecuador se encuentra en el Cinturón de Fuego del Pacífico, ubicación que lo expone a sufrir, en el momento menos pensado, movimientos telúricos de pequeñas y grandes magnitudes en cualquier sitio de nuestro territorio, esto se debe a la ocurrencia de fenómenos de subducción por la interacción de las placas Nazca y Sudamericana. Esta subducción (proceso por el que una placa litosférica oceánica se hunde bajo otra placa, ya sea oceánica o continental) genera importantes fallas geológicas como las que ocurren en cierta zona de los Andes, por ejemplo, desde Riobamba hasta el sur de Colombia a lado de la generación de volcanes continentales (Toulkeridis et al., 2007; Toulkeridis et al., 2022; Toulkeridis and Zach, 2017).

Las fallas que se producen en la zona mencionada se denominan fallas inversas que, según los geólogos, resultan de esfuerzos compresivos que dan lugar a una singular forma del relieve

terrestre con pliegues en crecimiento. El sistema de fallas inversas se localiza en Ambato, Latacunga, Quito, Otavalo, Urcuquí y Mira. El sistema se dirige al norte con estructuras transcurrentes y componentes inversos, pero al llegar a Colombia vuelve a tener componentes compresivos. A lo largo del sistema se cree que hay una tasa de movimiento entre 1.5 a 2 mm/año, sin embargo, en la capital ecuatoriana hay una tasa de 4 mm/año hasta 4 mm / año (Alvarado, et al., 2019).

En lo que respecta al estudio de la Geología, nuestro país es un verdadero laboratorio geológico, aquí se puede estudiar los distintos movimientos de la corteza terrestre, pues tenemos tres tipos de placas: divergentes, convergentes y transcurrentes, lo cual convierte al Ecuador en una zona de alto riesgo sísmico. Puede suceder, y han sucedido, terremotos por el choque y subducción entre la placa de Nazca y las continentales del Caribe y Sudamérica. A ello hay que agregar la presencia de la mega falla Guayaquil- Caracas de primer orden y que da lugar a fallas de segundo orden como las de Pallatanga, Lumbisí, Pomasqui, Guayllabamba, etc. La Mega falla Guayaquil-Caracas ha provocado fuertes terremotos como los que acaecieron en Riobamba en 1797, en Ibarra en 1868, en Ambato y Pelileo en 1949, Manabí-Esmeraldas en 2016, Quito-Guayllabamba en 2014, entre otros. La mega falla Guayaquil-Caracas pasa por debajo de ciudades serranas con gran cantidad poblacional como Riobamba, Ambato, Latacunga, Quito, Otavalo, Ibarra y Tulcán.



Figura 6. Terremoto de Ibarra en 1868, de Biblioteca Ecuatoriana Aurelio Espinosa Polít.

Ya se nota que en cualquier momento pueden presentarse sismos de grandes magnitudes en Ecuador, por lo tanto, hay que aplicar las directrices o normas sismo resistentes, expuestas en la normativa vigente del actual código de construcción (NEC 15). Antes de construir una casa, un edificio, un helipuerto, una carretera o una vía de cualquier tipo hay que poner mucha atención

en los aspectos técnicos y sistemas constructivos tendientes a evitar cuantiosos daños y víctimas en un terremoto.

Poniendo como ejemplo lo sucedido en Japón durante el sismo del año 2011, es necesario recordar que muchas edificaciones educativas como universidades de nuestro país fueron construidas sin ningún código de construcción o más tarde bajo las normas del primer código ecuatoriano de construcción (CCE 77), aquellos reglamentos no exigían diseños sismorresistentes, por lo que ya han sonado las alarmas respecto a este particular. Las entidades educativas deben estar en seguras y en óptimas condiciones para alojar a damnificados por causa de los terremotos.

Por tal motivo surge la imperiosa necesidad de corregir e identificar el grado de vulnerabilidad, las falencias estructurales y no estructurales que podrían tener las construcciones educativas antiguas con el objetivo de evitar el colapso total de las edificaciones y brindar seguridad al alumno, docente e personal administrativo en caso de un fuerte movimiento telúrico que puede ocurrir en el momento menos pensado, pues el movimiento brusco alrededor de la Mega Falla Guayaquil Caracas da como resultado los temblores de tierra en el valle interandino.

Es fundamental que tanto el Gobierno Nacional, así como el resto de gobiernos seccionales tomen muy en cuenta el potencial alto grado de sismicidad ocasionado por la acción de las placas tectónicas, la mega falla y las fallas de segundo orden para que lleven adelante campañas de concientización, prevención o ejercicios anuales de evacuación (como en México) en el caso de que se presenten fenómenos naturales de origen sísmico. Muchas personas hacen caso omiso al código de Normas de Construcción (el más actual es el NEC 2015) y realizan la irresponsable construcción de sus viviendas, sin observar las mínimas normas técnicas de seguridad sismorresistente.

Para hacer frente a las consecuencias o reducir los daños de un movimiento telúrico de gran magnitud los directores o rectores de entidades educativas como universidades, deben poseer información útil y disponible al respecto, y así estar preparados junto a la Policía, Cruz Roja, personal médico, Bomberos y parte de la sociedad civil para minimizar pérdidas humanas, asistir a la población afectada y salvaguardar o restablecer la seguridad pública y el mantenimiento del orden en nuestro querido Ecuador.

3. SITIOS DE ESTUDIOS

Hemos escogido a evaluar el grado de vulnerabilidad de cuatro ciudades importantes, cuales se encuentran cerca y encima de la Mega Falla Guayaquil Caracas, antes conocida como Dolores-Guayaquil. Por lo tanto se evaluaran edificios de escuelas, colegios como universidades de Sangolquí, Latacunga, ambato y Riobamba (Fig. 7).

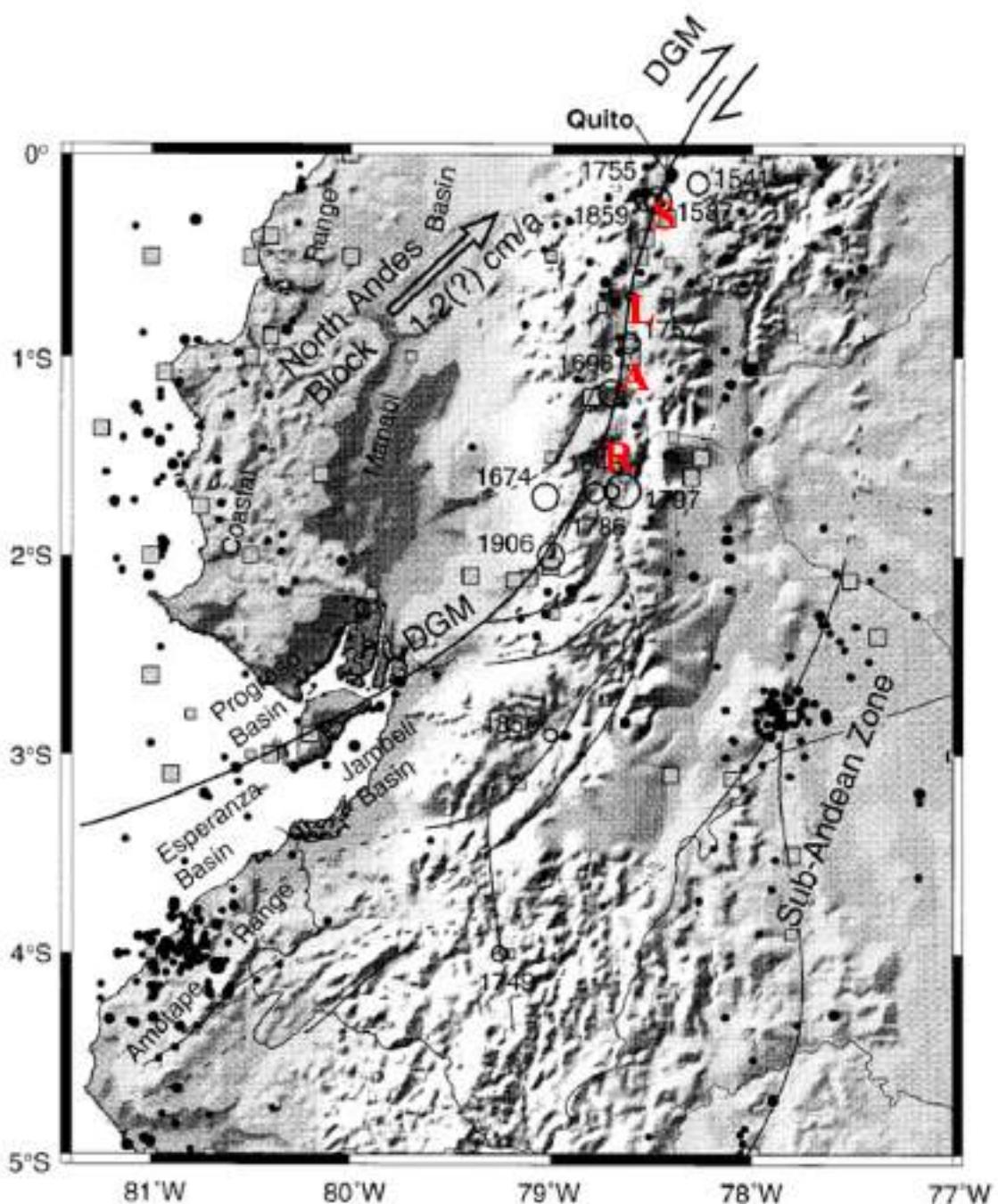


Figura 7. Ubicación de la mega falla Guayaquil-Caracas (antes denominada Dolores-Guayaquil DGM) y de los sitios evaluados como Sangolquí (S), Latacunga (L), Ambato (A) y Riobamba (R). Se enseñan años de terremotos importantes por reactivación de la Mega-Falla.

Algunos estudios sugieren que los límites de los Andes del Norte están controlados por mega fallas (Campbell, 1974; Pennington, 1981). Las observaciones de campo muestran que los

principales sistemas de fallas son oblicuos a los Andes ecuatorianos, comenzando en el Golfo de Guayaquil y atravesando las cadenas hacia el borde oriental de la Cordillera Real en el norte de Ecuador (Soulas et al., 1991). Estas dos fallas principales NE-SO muestran una morfología de deslizamiento de rumbo y características cinemáticas significativas y probablemente sean responsables de los principales terremotos históricos en Ecuador (Eguez et al., 2003). Entre estas fallas, el movimiento de deslizamiento es acomodado por fallas oblicuas menores NE-SO y por zonas de falla N-S a lo largo del Valle Interandino, donde se han identificado pliegues, flexiones y fallas inversas relacionadas (incluida la 35 falla de Quito). Además, un sistema de fallas transpresionales NNE-SSO a lo largo de la zona subandina acomoda parcialmente la compresión E-O (Eguez et al., 2003). Otros estudios proponen un modelo de fallas con base en la recurrencia de terremotos, deducida de las tasas de deslizamiento geológico y/o geodésico (Beauval et al., 2018). En este se explica como a lo largo del margen ecuatoriano, la subducción oblicua induce la deformación litosférica de la placa continental superior. La deformación continental activa se localiza actualmente a lo largo de un importante sistema de fallas, que conecta varios segmentos de fallas desde el Golfo de Guayaquil hasta la Cordillera de los Andes orientales. La deformación de la corteza se concentra a lo largo del sistema de fallas Chingual-Cosanga-Pallatanga-Puna (CCPP), el sistema de fallas Quito-Latacunga, el cinturón Subandino Oriental y el sistema de fallas El Ángel. El CCPP puede considerarse un límite de microplaca continental. Su segmentación comprende fallas transpresionales laterales derechas con rumbo noreste desde el Golfo de Guayaquil hacia la Cordillera de los Andes (Puna y Pallatanga), con continuación a lo largo de las fallas transpresivas con rumbo norte-sur en los Andes orientales (Cosanga) y fallas laterales derechas de corte recto más al norte (Chingual). En el norte de Ecuador, al oeste del límite del CCPP, el sistema de fallas norte-noreste-sur-suroeste de El Ángel comprende una serie de fallas de rumbo lateral derecho y probablemente representa la prolongación sur del sistema principal de fallas Romeral-Cauca-Patia, descrito en Colombia (Ego et al., 1995; Taboada et al., 2000; Yepes et al., 2016). Bajo este modelo se definen un conjunto de ocho fuentes de fallas de la corteza (Fig. #). Para la falla Chingual, las tasas de deslizamiento estimadas son de 7,7 a 11,9 mm/año con base en varios depósitos del Pleistoceno tardío desplazados por varias ramas de la falla (Tibaldi et al., 2007).

También se estimaron tasas de deslizamiento del 36 Holoceno de $4,3 \pm 2,2$ mm/año para las fallas inversas norte-sur al sur de la falla Chingual, que son consideradas parte del sistema de fallas transpresivas de Cosanga (Yepes et al., 2016). En el extremo sur del sistema Cosanga se reportan velocidades de levantamiento de hasta 9–10 mm/año durante el Holoceno en el valle superior de Pastaza (De Berc et al., 2005). Los segmentos de Quito y Latacunga acomodan el acortamiento este-oeste de la corteza a tasas que oscilan entre 1 y 2,1 mm/año, respectivamente (Ego & Sebrier, 1996; Laveno et al., 1995). Con base en excavaciones paleosismológicas a lo largo de la sección sur de la falla de Pallatanga, se estimó una tasa de deslizamiento promedio

de $\sim 2,5$ mm/año durante el Holoceno (Baize et al., 2015). Para el segmento Puna, se calculó una tasa de deslizamiento media mínima de 5–7 mm/año desde un lugar particular en la isla Puna durante el Pleistoceno tardío (Dumont et al., 2005).

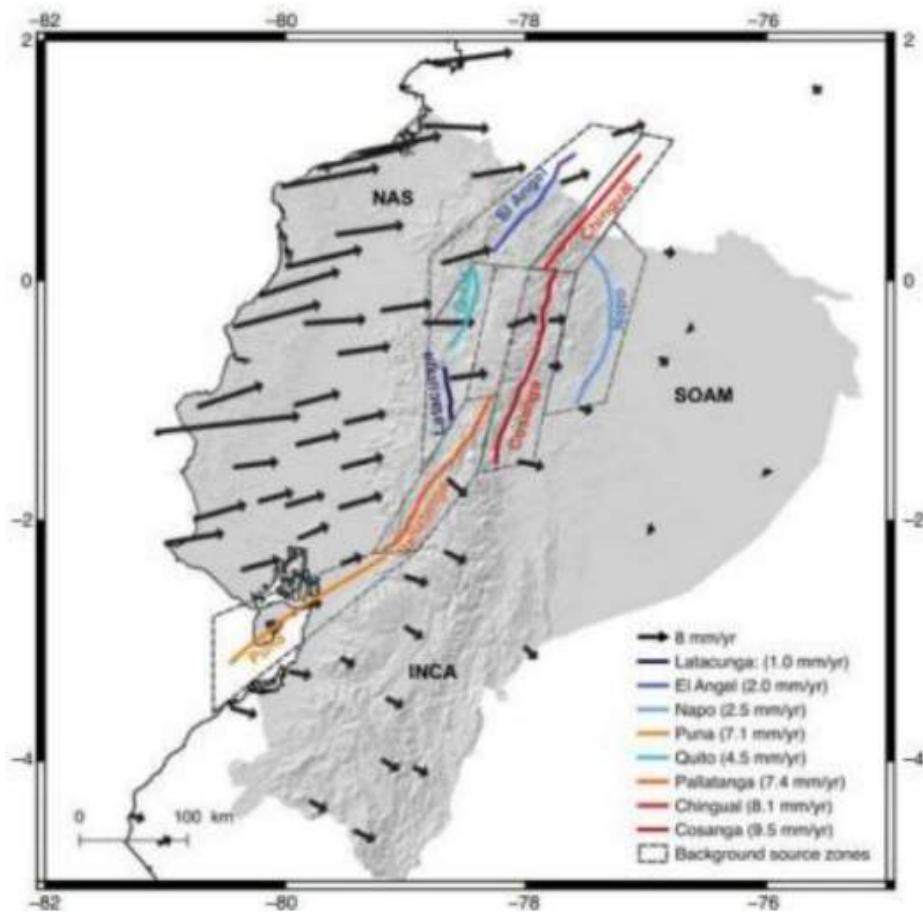


Figura 8. Fallas geológicas en el Ecuador (Beauval et al., 2018).

3.1 Ciudad de Sangolquí

Sangolquí, en su calidad de cabecera cantonal de Rumiñahui, el cual se sitúa en la jurisdicción provincial de Pichincha, ostenta en su demarcación geográfica dos parroquias de naturaleza rural, denominadas Cotogchoa y Rumipamba. Paralelamente, en el ámbito urbano, alberga tres parroquias: San Rafael, Sangolquí y San Pedro de Taboada. Esta localidad se erige en un enclave estratégico gracias a su proximidad a Quito y su conectividad con arterias viales cruciales, estableciendo así lazos estratégicos que amalgaman factores geográficos, históricos y demográficos. Cabe destacar que su elevación media alcanza los 2500 metros sobre el nivel del mar.

Sangolquí al estar a las faldas del volcán Cotopaxi cuenta con depósitos de origen volcánico como cangahuas, flujos de lodo, flujos de lava, coluviales y flujos piroclásticos (Tabla 1) (Rodríguez et al., 2015). A mismo tiempo existen fallas geológicas locales cuales atraviesan ciudad como cantón (Tabla 2) (Eguez et al., 2003). El riesgo sísmico en Sangolquí es latente al

ser parte de la cadena montañosa y por ende las fallas geológicas amplifican este riesgo. El peligro sísmico Está directamente relacionado con la vulnerabilidad estructural de la infraestructura existente, a lo largo de los años este peligro se va incrementando. La ubicación de Sangolquí incrementa la posibilidad de eventos sísmicos con alta incidencia, así, según la NEC tiene un factor z de 0,4 que significa zona de alto peligro sísmico.



Figura 9. Mapa de Fallas y Pliegues Cuaternarias de Ecuador y Regiones Oceánicas Adyacentes. Fallas Geológicas en la zona de estudio Sangolquí son EC-35: Machachi, EC-31: Quito (Eguez et al., 2003).

Tabla 1. Formaciones geológicas principales en Sangolquí (GAD Municipal de Rumiñahui, 2020)

Denominación	Descripción
Volcánicos Pasocha	Andesitas y Piroclastos.
Formación Chiche	Micro conglomerados con matriz limo arenosa, areniscas gruesas con intercalaciones de tobas.
Formación Cangahua	Tobas andesíticas de color café claro, ceniza y lapilli.

Tabla 2. Fallas Geológicas que afectan Sangolquí

Falla	Descripción
Quito (Lumbisi, Pomasqui, Guayllabamba)	Bloque de Quito se levanta respecto al bloque del Valle de Los Chillos en contra de la fuerza de gravedad. Consiste un sistema transcurrente con rumbo NS, la falla afecta en caso de ruptura a Puengasí, Carcelén-El inca, Tangahuilla, Ilumbisí-La Bota y Bellavista-Catequilla.
Machachi	Es visible por el flanco NW del volcán Rumiñahui, transcurrente dextral, afecta en caso de ruptura directamente al Valle de los Chillos.

3.2 Ciudad de Latacunga

Latacunga, capital de la provincia de Cotopaxi, es la urbe más grande y poblada de la misma. Se localiza al Centro-Norte de la región interandina del Ecuador, en la hoya del río Patate, atravesada por los ríos Cutuchi y Pumacuchi, a una altitud de 2770 msnm. En el cantón Latacunga, los suelos se caracterizan por la presencia de material volcánico. En base al mapa de suelos del Ecuador de 1984, el cual se basa en la morfología de los suelos se identifican más de 70 clases distintas de suelos en la zona (Gavilánez & Molina, 2013). Además, la existencia de fallas geológicas en su entorno geodinámico ha propiciado la ocurrencia de significativos terremotos como lo sucedido en el año 1996 en Pujilí (Castro, 2021). El cantón está asentado sobre suelos como cangahuas, materiales producto de depósitos de lahar, coluviales y lacustres, así como cenizas, tobas vulcanos-sedimentarias y materiales conglomerados con disposición irregular envuelto por estratos de pómez con distintas granulometrías. Estos estratos engloban y circundan la periferia de la ciudad (Yáñez, 2016). Latacunga al encontrarse ubicada a las faldas del volcán Cotopaxi es propensa a los desastres naturales. Las fallas geológicas que podemos encontrar en torno al cantón Latacunga de acuerdo con el mapa de fallas geológicas de la U.S. Geological Survey se tiene las fallas inversas Poaló, Nagsiche, Latacunga y Yanayacu.



Figura 10. Mapa de Fallas y Pliegues Cuaternarias de Ecuador y Regiones Oceánicas Adyacentes. Fallas Geológicas en la zona de estudio Latacunga son EC-36: Poaló, EC-37: Nagsiche, EC-38: EC-Latacunga, 39: Yanayacu (Eguez et al., 2003).

Dos eventos que marcaron la historia en la provincia de Cotopaxi son los ocurridos el 5 de agosto de 1949 en Pelileo y el del 28 de marzo de 1996 en Pujilí. El 5 de agosto de 1949 el terremoto de Pelileo dejó una huella en la región central del Ecuador, se revelan cifras aproximadas de 6000 pérdidas humanas y considerable destrucción económica y material. Con una magnitud estimada de 6.53 Mw y una profundidad de 6,32 kilómetros afectó a la comunidad de Pelileo ya que el epicentro fue a 5 kilómetros de la ciudad. Por su parte, el terremoto de Pujilí en 1996 dejó construcciones con daños totales y parciales y luto en la población. La cifra de pérdidas humanas fue 62 y 15000 damnificados (Velasco, 2022). Como consecuencia el mapa de zonificación sísmica para diseño de la NEC-15 que incluye una saturación a 0,40 g de los valores de aceleración sísmica en roca para Latacunga considerándose, así como una zona de alto peligro sísmico (NEC, 2015).

3.3 Ciudad de Ambato

San Juan Bautista de Ambato o también conocida como Ambato es la capital de la provincia de Tungurahua y la cabecera cantonal del cantón Ambato. Se encuentra en el centro de la región interandina, limitando al oeste por la provincia Bolívar; al este por los cantones Píllaro y Pelileo; al norte por la provincia de Cotopaxi y al sur por los cantones Tisaleo, Cevallos y la provincia de Chimborazo. Además, se halla a una altitud de 2580 metros sobre el nivel del mar atravesado por el río Ambato en la hoya del río Patate (Atiaga et al., 2004). La geología de la ciudad de Ambato se caracteriza por la presencia de la cordillera de los Andes, envuelta por algunas fallas geológicas que han sido las responsables de los eventos sísmicos de la región constantemente (Moreira, 2011).

El área de Ambato es una zona de alto peligro sísmico debido a la existencia de suelos vulnerables ya que en su gran mayoría es de tipo franco limoso y arenoso. También tiene un suelo de origen volcánico por su cercanía al volcán Tungurahua volviéndolo rico en nutrientes. Conforme a la página virtual “Neo - Tec”, las fallas que se encuentran a la ciudad de Ambato son la falla de Huachi EC-344a que tiene una longitud de 12,08 km, la falla de Samanga EC054 que tiene una longitud de 33 km, la falla de Ambato EC-344b que tiene una longitud de 16,35 km y la falla de Totoras EC-345 que tiene una longitud de 17,50 km. Debido a la existencia de las fallas geológicas en esta zona, se han producido históricamente algunos sismos que sacudido esta zona como el terremoto de Ambato del año 1949 que tuvo una intensidad de 6.8 grados de acuerdo con la escala de Richter. Otro evento sísmico que afectó el interior del país, especialmente la ciudad de Ambato fue el terremoto del año 1969 que tuvo una magnitud que osciló entre 7,2 y 7,9 Mw, el cual provocó el flujo de lodos en el curso del río Ambato, que fue el responsable del deceso de aproximadamente 6.500 habitantes y miles damnificados. En base

a lo establecido en la normativa ecuatoriana de la construcción NEC – 15, específicamente en el mapa de zonificación sísmica del Ecuador, la ciudad de Ambato tiene una saturación de 0,40 g de los valores de aceleración sísmica en roca, nos evidencia que se encuentra en una zona de alta peligrosidad sísmica. (NEC, 2023).



Figura 11. Mapa de Fallas y Pliegues Cuaternarias de Ecuador y Regiones Oceánicas Adyacentes. Fallas Geológicas en la zona de estudio Ambato son EC-39: Patate, EC-61: Quito (Eguez et al., 2003).

3.4 Ciudad de Riobamba

Riobamba es la capital de la provincia de Chimborazo, ubicada en la región central de Ecuador. Se encuentra en un valle de los Andes ecuatorianos, a una altitud de aproximadamente 2,750 metros sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geográficas son aproximadamente 1.6700° S de latitud y 78.6500° W de longitud. La geología del cantón Riobamba se distingue por la presencia de exposiciones de rocas volcánicas, compuestas por acumulaciones de fragmentos piroclásticos y lavas de composición intermedia, que se encuentran en las parroquias de Químiag y Pungalá. Entre las principales formaciones geológicas se destacan la Formación Piñón, que incluye lavas basálticas, tobas, brechas, y rocas ultra básicas, así como la Formación Yunguilla, que está compuesta por lutitas, calizas y volcanoclásticos, alcanzando una altitud de aproximadamente 3000 metros (Cadenas, 2013).

En Riobamba, los suelos muestran una diversidad en su clasificación basada en la pendiente del terreno, que varía desde pendientes pronunciadas con más del 70% de inclinación hasta áreas completamente planas con una pendiente de 0%. En cuanto a su pH, este rango oscila entre 4.5, lo que indica una ligera acidez, y 8.5, indicando una ligera alcalinidad. Respecto a la textura, la mayoría de los suelos presentan texturas gruesas y moderadamente gruesas, mientras que las texturas medias son menos comunes. (Padilla, 2021). En la siguiente tabla se muestran los tipos de suelos en la ciudad de Riobamba (Tabla 3).



Figura 12. Mapa de Fallas y Pliegues Cuaternarias de Ecuador y Regiones Oceánicas Adyacentes. Fallas Geológicas en la zona de estudio Riobamba son EC-62: Candelaria, EC-63: Guamote, EC-50: Pallatanga (Eguez et al., 2003).

La zona de estudio está influenciada por el sistema de Fallas Pallatanga, que se caracteriza por una orientación NE - SW a NNE - SSW y está compuesto por segmentos estructurales que se extienden desde el este del Golfo de Guayaquil hasta la Cordillera Occidental, formando la prolongación sur de la Falla Pujilí, según definido por Hughes y Pilatasiq (Winter & Laveno, 1989). Este sistema de fallas atraviesa el Volcán Igualata con un movimiento dextral, aunque la continuidad de su trazado es difícil de precisar debido a la presencia de depósitos volcánicos y sedimentarios considerables. Además, la falla La Candelaria, que se orienta en sentido dextral, puede asociarse con el sistema de Fallas Pallatanga, actuando como límite en el borde oriental

de la Cordillera Real, y discurre en paralelo al Río Chambo con una dirección media de aproximadamente N6°E +- 8°.

Tabla 3. Clasificación de los materiales geológicos en la ciudad de Riobamba (Padilla, 2011)

GEOLOGÍA	Descripción	Era Geológica
Depósitos coluviales	Está formado por gravas y arenas sueltas.	Holoceno
Depósitos glaciares	Depósitos de Tilitas brechosas	Pleistoceno
Formación Cangahua	Compuestas por tobas meteorizada de color café amarillento.	Pleistoceno
Formación Riobamba	Esta formación consiste en flujos de lodo.	Pleistoceno
Formación Yunguilla	Formación de limolitas laminadas, lutitas fósiles y areniscas finas.	Cretácico
Piroclastos del Chimborazo	Consiste en flujos piroclásticos	Pleistoceno
Unidad Alao Paute	Rocas Verdes meta-basálticas y meta-andesíticas	Mesozoico
Volcánicos el Altar	Piroclastos y lavas intermedias a básicas	Pleistoceno
Volcánicos Sicalpa	Piroclásticos, toba, lahares, y lavas andesíticas.	Plioceno

Padilla (2011) identificó dos lineamientos que afectan la zona estudiada. El primero es el Lineamiento Río Guano-Altar, de orientación E-W y perpendicular al Río Chambo, relacionado con la presencia de serpentinitas y fluidos hidrotermales en la Quebrada Itsana Grande, así como con la cicatriz de herradura en el Volcán El Altar que se abre hacia el Oeste. El segundo es el Lineamiento Río Chibunga-Río Ulpán, que se dirige de NWW a SEE, y atraviesa la zona de estudio. La presencia de este lineamiento se evidencia en los cambios abruptos de dirección del Río Chibunga y en ríos más pequeños en la región de Pantus Grande. (Alejandro & Lascano, n.d.).

Principio del formulario

Riobamba se encuentra en la Zona V según la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC-SE-DS: 2015), lo que indica un alto riesgo sísmico. Es probable que la mayoría de los edificios en la ciudad hayan sido diseñados utilizando el espectro sísmico del antiguo Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC-2000) o la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11). Debido a estas amenazas sísmicas, es obligatorio que las edificaciones se construyan con fines sísmico-resistentes. Es fundamental determinar la vulnerabilidad sísmica de una estructura para evaluar su seguridad y, por ende, su habitabilidad.

Para evaluar el riesgo sísmico en Ecuador, la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) divide el país en seis zonas sísmicas mediante un mapa de zonificación sísmica para diseño. El valor "z" representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo en cada zona, expresada como una fracción de la aceleración de la gravedad. El sismo ocurrido el 16 de abril de 2016 registró una aceleración pico del terreno (PGA) de 0,42g, lo que lo sitúa dentro del rango esperado para la zona VI, que se caracteriza por una actividad sísmica muy alta, con una aceleración igual o mayor a 0,5g.

4. CONTEXTO DE PARAMETROS Y METODOLOGÍA APLICADA

Riesgo sísmico

Según la Real Academia de España, el riesgo significa que la posibilidad de que se produzca un contratiempo o una desgracia, de que alguien o algo sufra perjuicio o daño. En caso de un terremoto de gran magnitud con epicentro en el Centro Histórico, al mínimo el 70% de las edificaciones de Quito tienen alto riesgo de colapsar, causar la pérdida de miles de víctimas humanas y animales, afectar en varios millones de dólares a la economía y provocar severos daños ambientales en toda la ciudad. Con este ejemplo estoy graficando el concepto de Riesgo Sísmico, tomando en cuenta que nuestro país, y en particular la capital ecuatoriana, se encuentran en una zona de alta peligrosidad sísmica y es menester prestar toda la atención a este tipo de riesgo para minimizar los efectos dañinos de un posible y fuerte terremoto $R = H^* V^* E^* C^*$, es el término matemático que caracteriza al riesgo sísmico. A continuación, veamos su significado:

Variable H significa la peligrosidad natural (Hazard en inglés significa peligro o propensión a sufrir de algo), en el caso que nos ocupa sería un terremoto potencialmente dañino que sucede en lugar específico y durante un intervalo específico de tiempo y la reacción de la población frente al movimiento sísmico.

Variable V es la vulnerabilidad de estructuras o grado de pérdidas materiales como casas, edificios, calles, carreteras, aeropuertos, etc. La vulnerabilidad se expresa en diferentes escalas que pueden ir desde 0 (sin daños) hasta 1 (pérdida total).

Variable E expresa la densidad poblacional del lugar en donde se produce el movimiento telúrico. En esta variable se toma en cuenta, además de la población, las actividades económicas, servicios públicos (luz, agua, alcantarillado, etc.) del sitio en donde ha ocurrido u ocurrirá el fenómeno natural.

Variable C nos indica el costo de pérdidas en vidas humanas; daños en calles, puentes, carreteras, aeropuertos; y daños estructurales en grandes y pequeñas edificaciones.

Es muy necesario e importante estudiar, investigar y evaluar el riesgo sísmico para minimizar las pérdidas humanas y económicas que puede sufrir una ciudad o cualquier localidad en caso de un inminente terremoto. La evaluación del riesgo sísmico consta de tres componentes, cuales son la amenaza sísmica, la vulnerabilidad estructural y los datos de exposición. La evaluación del riesgo sísmico está orientada fundamentalmente en términos económicos correspondientes a cuantificar el número de muertos, heridos y damnificados; el porcentaje de daños estructurales, destrucción de edificaciones.

Caracterización del Riesgo Sísmico

Para caracterizar el riesgo sísmico, dependiendo del tipo de proyecto y objetivos finales que los investigadores se propongan realizar, se utilizan dos métodos: el uniparamétrico y el

multiparamétrico. El método uniparamétrico, como su nombre lo indica, se usa para cuantificar el sismo con un solo parámetro, índice o grado de vulnerabilidad que generalmente es la intensidad macro sísmica que abarca cinco estados de daño diferentes del nulo. La escala macro sísmica es la regla para medir la capacidad destructiva de un terremoto. A este método también se lo conoce como Índice de Vulnerabilidad (MIV).

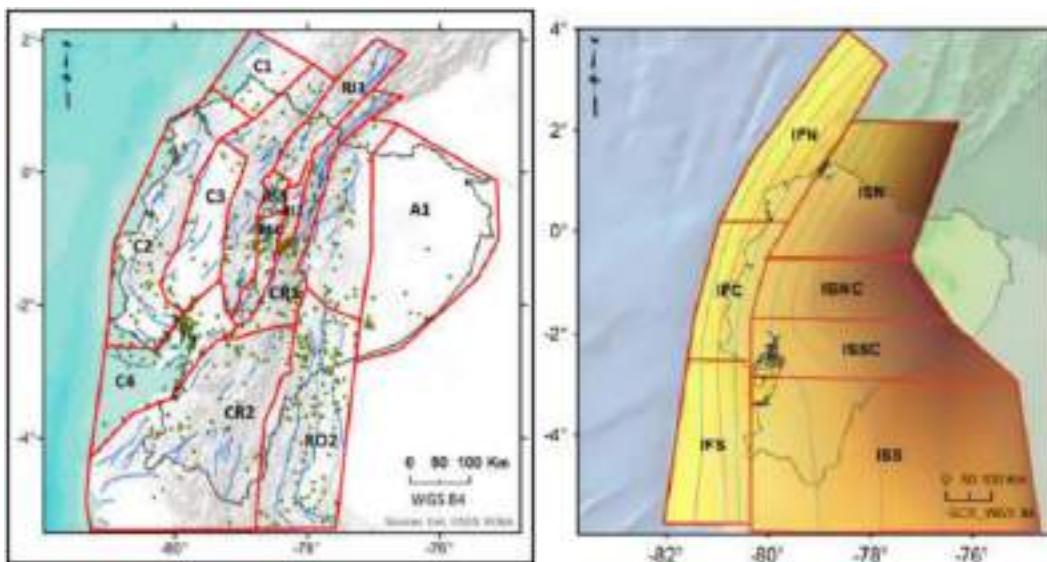


Figura 13. Zonas Fuentes símicas en el Ecuador. Izquierda: Corticales; Derecha: Interplaca e Intraplaca (Parra Cárdenas, 2016)

El método multiparamétrico es aquel modelo que usa más de un parámetro para cuantificar la acción sísmica. Es importante advertir que este método no debe ser utilizado en zonas que posean pocos datos de aceleración o con alta cuantificación de estructuras. La manera más frecuente de definir el terremoto de forma multiparamétrica es en términos espectrales. Hay espectros de demanda y espectros de capacidad para la resistencia sísmica de la estructura. En el método multiparamétrico se utiliza cuatro estados diferentes del nulo.

El riesgo sísmico es la conglomeración de tres ramas importantes que describen el comportamiento de la estructura ante eventualidades sísmicas, en la estimación de daño y pérdidas. Se descompone las 3 ramas en: peligrosidad que describe el movimiento sísmico del suelo considerando sismos futuros, vulnerabilidad depende del comportamiento de la estructura frente al sismo y exposición que describe la repartición de los usuarios, bienes y servicios sometidos a riesgos (Navarrete López, 2022).

El centro de las actividades sísmicas en la región del Ecuador se debe a la intersección de dos placas tectónicas, la placa de Nazca y la placa Sudamericana, el producto de esta intersección se crea dos tipos de fuentes sísmicas: subducción (interplaca e intraplaca) y corticales (superficiales). Lo que se produce en estas fuentes es la acumulación y liberación de energía, sin tener en cuenta lo que ocurre en otras fuentes, al liberar la energía es lo que se produce las eventualidades sísmicas, lo cual en el Ecuador se puede presentar varios sismos como: sismos

interplaca corresponden a los que se produce a una profundidad menor que 40 km, sismos intraplaca corresponden a los que se producen a una profundidad entre 40 a 300 km. Estos dos sismos se producen por el deslizamiento entre la placa de Nazca por debajo de la placa Sudamericana y sismos corticales producidos a una profundidad menor a 40 km, se producen superficialmente dentro de la placa Sudamericana (Quinde Martínez & Reinoso Angulo, 2016).

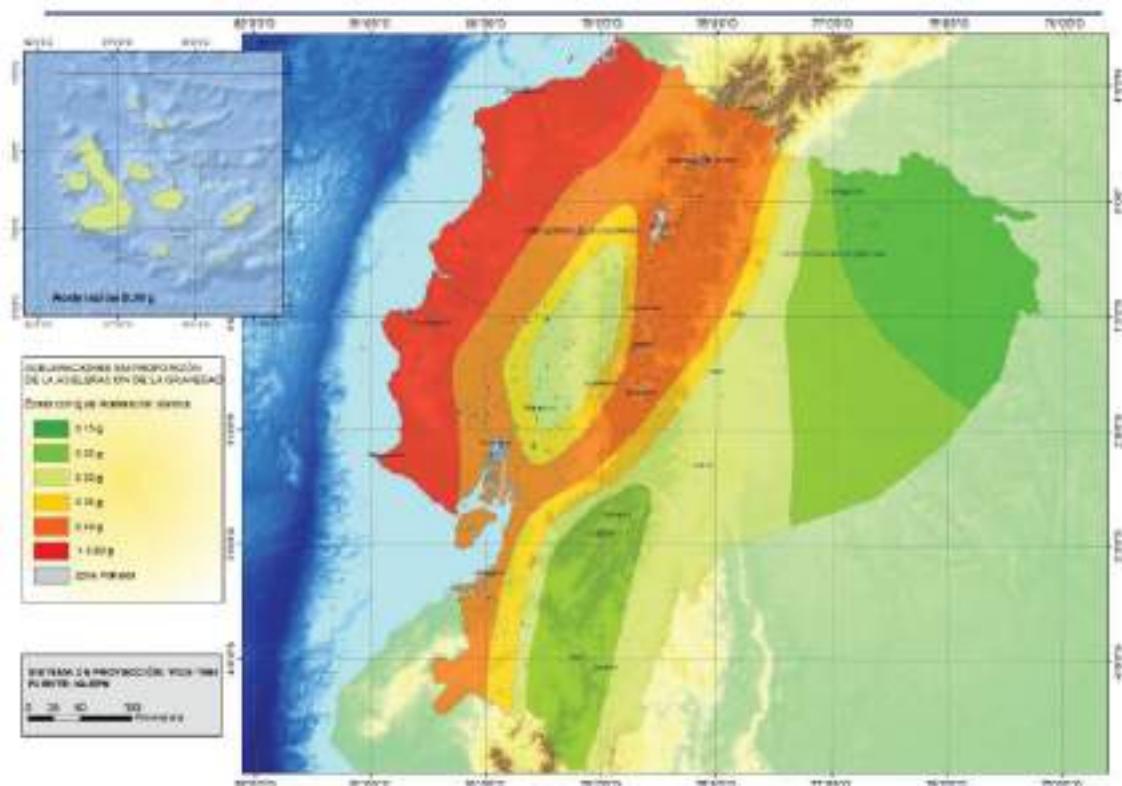


Figura 14. Mapa de peligro sísmico para zona de estudio (MIDUVI & CAMICOM, 2016)

La alta peligrosidad en zonas del Ecuador se ve afectado también por el mal ordenamiento territorial, se presentan ciudades construidas en fallas activas de la corteza terrestre que cruza desde el golfo de Guayaquil hasta los Andes, como Quito o Riobamba y los de subducción como Salinas, Manta y Esmeraldas. En el proyecto que se trabajó se ha decidido utilizar el método uniparamétrico junto con el índice de vulnerabilidad, de tal manera que se pueda caracterizar el riesgo sísmico.

Vulnerabilidad (V)

De manera general la vulnerabilidad se define como un grado de susceptibilidad ante una amenaza es decir es el riesgo al que se encuentran expuesto las comunidades. En el entorno del estudio se hace referencia a la vulnerabilidad sísmica que es el grado de capacidad que tienen las estructuras para soportar un evento sísmico es decir es el nivel de daño que puede sufrir una edificio ya sea esta mayor, menor o parcial ,Para que una estructura presente menor vulnerabilidad sísmica depende de muchos factores ,pero esencialmente se debe a la

configuración de los elementos estructurales, la resistencia de los materiales empleados y la calidad con la que se construyó (Pimbo, 2021).

La vulnerabilidad sísmica presenta dos componentes: la vulnerabilidad estructural, asociada a la presencia de un sismo que afecta a vigas, columnas, losas, muros y cimentación de manera que se producen fallas haciendo que estos elementos pierdan resistencia y se comporten de forma deficiente, muchos estudios han llegado a comprobar que las estructuras que presentan mayor vulnerabilidad son las que tienen forma irregular ya sea en planta o en elevación ,por ello la norma ecuatoriana de la construcción provee la información de la configuración estructural y de las formas irregulares que se deben evita (Pimbo, 2021); De existir daños estructurales se recomienda la utilización de algunos métodos de reforzamiento como son el uso de muros estructurales, encamisado de columnas y vigas , contrafuertes entre otros.

La vulnerabilidad funcional se refiere a la vulnerabilidad que se puede producir en el exterior de una infraestructura ya sea la red de agua potable, red de luz eléctrica, sistema contra incendios, alcantarillado es decir es la capacidad de la edificación a prestar servicio en situación de emergencia, esto representa un daño directo a la seguridad de los ciudadanos en caso de que se presentara un sismo y no se disponga se estos servicios (Paucar, 2021).

Evaluación de vulnerabilidad sísmica

Existen diversas metodologías y técnicas para evaluar la vulnerabilidad sísmica y han sido creadas debido a la necesidad de tener una guía útil y de uso inmediato luego de la presencia de un sismo. Entre los métodos de evaluación más frecuentes se encuentran cuatro grandes grupos: los métodos analíticos, empíricos, métodos experimentales, métodos empíricos y métodos que pueden tener mezcla de otros, llamados híbridos.

Los métodos analíticos, se definen como métodos más detallados es decir poseen un sustento matemático y computarizado abarcando un análisis no lineal, determinan la magnitud del evento sísmico basados en la medida instrumental de la energía elástica liberada durante el fenómeno de propagación sísmica de ondas en el interior sobre la corteza terrestre ,La principal ventaja de este método es que realiza un análisis sísmico a mayor escala a diferencia de los otros métodos en los cuales implicaría mayor costo. una de las desventajas es que se trabaja con un índice de probabilidad y requieren parámetros adicionales para la simulación (Arteaga, 2016).

Los métodos experimentales emplean ensayos dinámicos que permiten determinar las propiedades de la estructura, por lo general se realizan ensayos “in situ” para determinar las propiedades dinámicas y otros parámetros de la estructura analizada, por ello se realizan en estructuras cuyo comportamiento no se puede evaluar de manera fácil en la naturaleza o muestra aspectos especiales para definir la dinámica de la estructura. La desventaja principal de los métodos experimentales es que sus resultados no son precisos, pero permiten determinar el estado de la edificación y los efectos que posiblemente tenga ante un sismo (Paucar, 2021).

Los métodos empíricos presentan un alto grado de subjetividad basándose en sucesos ya ocurridos en sismos anteriores y a partir de estos se miden las intensidades macro sísmicas. Por lo general se usan cuando se presenta muy poca información de la zona de estudio y se realiza un análisis por desempeño, tiene un enfoque menos exigente y menos costoso e incluye los métodos de inspección y puntaje (Calvi et al., 2006).

Los Métodos de inspección y puntaje permiten evaluar las deficiencias sísmicas de un edificio, mediante valores numéricos que se da a cada componente que es ponderado en función de su importancia determinando un índice de vulnerabilidad, estos métodos son muy subjetivos nos proporciona una evaluación preliminar y es suficiente para jerarquizar el nivel de vulnerabilidad sin embargo para edificaciones de mayor importancia es esencial complementar con otras metodologías ya sea analítica o experimental.

Las matrices de probabilidad de daño (MPD) expresan de manera discreta, la probabilidad condicional de medir un determinado nivel de daño, para cada tipo de estructura sujeta a un sismo con un determinado nivel de severidad (Braga et al., 1986).

La metodología de evaluación e inspección visual simplificada de acuerdo a la NEC 2015, fue desarrollada con la finalidad que los especialistas clasifiquen las edificaciones existentes en tres categorías (baja vulnerabilidad, media vulnerabilidad y alta vulnerabilidad). Se debe tomar en cuenta que Ecuador está ubicado en una zona altamente sísmica, esta metodología se lo realiza de manera inmediata siempre y cuando la persona encargada cuente con conocimientos previos del tema, ya que su trabajo posterior es llenar un formulario que permite categorizar la edificación a través de un puntaje el cual nos permite evaluar si se necesita un estudio más detallado de la estructura analizada .

Métodos de caracterización o por clase de vulnerabilidad, clasifican las edificaciones según su tipología basándose en la experiencia de terremotos significativos por ejemplo la EMS-98 (Ballesteros & Caizaguano, Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí, basada en la guía FEMA P-1000. Estudio de caso., 2020).

Finalmente, los métodos híbridos que se definen como una conjunción de los métodos descritos con anterioridad y se usan para obtener resultados confiables del grado de vulnerabilidad permitiendo optimizar el recurso de análisis. Ya que al aumentar la utilización de datos de observación los métodos híbridos pueden eliminar la necesidad de crear un conjunto complejo de curvas de vulnerabilidad. A través de este método, se puede valorar modelos analíticos en áreas donde faltan datos sobre los niveles de daño(Calvi et al., 2006).

Grupos de Vulnerabilidad (GV)

A continuación, se describe tres grupos de vulnerabilidad según la Guía de Evaluación según FEMA P-1000 que se pueden cuantificar.

GV1: indica los aspectos generales de la edificación, describe el tipo de edificio construido de acuerdo a la especificación de la guía FEMA, el número de pisos existentes, y si existen presencia de edificios adyacentes, así como el tipo de perfil del suelo presente en la zona de estudio.

GV2: vulnerabilidad estructural en la estructura, este grupo evalúa los elementos estructurales (columnas, vigas, losas y muros de corte (en caso de existir)) al igual que la relación largo-ancho, además se verifica si existe irregularidades ya sea en planta o en elevación, o patologías en elementos no estructurales.

GV3: vulnerabilidad de sistemas no estructurales, refleja el estado de conservación de la estructura, condiciones de los elementos que permiten la entrada y salida, por ejemplo, ventanales, puertas, depósitos de agua, rejillas; es decir todo lo que contiene la edificación evaluada.

Puntaje base de Evaluación según la guía de Ballesteros & Caizaguano (2020)

El terremoto de Ambato-Pelileo, acaecido el 5 de agosto de 1949, cobró la vida de 6.000 personas. En este evento natural, el cantón Pelileo desapareció prácticamente del mapa. En Ambato, la hermosa catedral colonial y otras iglesias se desplomaron al igual que otros edificios, dejando sepultados centenares de víctimas en los escombros. A raíz de este sombrío suceso, el gobierno ecuatoriano emitió un Código Nacional de la Construcción en 1951, que fue calificado de obligatorio en todo el país. En ese código había normas para construcciones sismo-resistentes, pero, por algunas razones esas reglas no fueron aplicadas por todos los constructores o instituciones del gobierno.

Hasta fines de la década de 1970 la mayoría de edificaciones, tanto civiles como militares, eran construidas de manera informal, anti técnica y de mala calidad, lo cual constituía o constituye un grave peligro para la integridad física de civiles y militares en caso de producirse movimientos sísmicos de grandes magnitudes, más aún si tomamos en cuenta que vivimos en un país ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico y a merced de los movimientos o colisiones de placas tectónicas, mega fallas, fallas de segundo orden y frecuentes actividades de volcanes activos.

En la provincia de Cotopaxi, el 6 de octubre de 1976, hubo un movimiento telúrico con características de terremoto que dejó un saldo trágico de 8 muertos entre los moradores de los sectores mayormente afectados. Un año después, en 1977, se expide el Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC 1977), considerada por muchos como la primera norma de construcción.

Después del Código Ecuatoriano de la Construcción de 1977 se emitieron otras normas: en el año de 1997 (CEC 97), en el 2000 (CEC 2000), y, finalmente, la Norma Ecuatoriana de Construcción del 2015 (NEC 2015). Cabe señalar que un buen porcentaje de edificaciones de los recintos militares no fueron construidas con las normas que actualmente se exige en el NEC

2015; inclusive, muchos edificios que se desplomaron en el terremoto del 16 de abril del 2016 (que afectó a Manabí y Esmeraldas) fueron construidos bajo las normas del CEC 1977.

Hoy contamos con mayor tecnología que nos permite analizar el comportamiento sísmico de los edificios; así mismo, podemos detectar el grado de vulnerabilidad de las edificaciones, tomando en cuenta el año en que fueron construidas. También tenemos muy claro que los edificios hay que construirlos basándonos en los parámetros contenidos en la American Society of Civil Engineers en donde se menciona un 2 % de excedencia después de un terremoto.

En lo que respecta a las edificaciones de los recintos militares construidas hace muchos años, es urgente e importante hacer un análisis de su desempeño sísmico, para ello debemos tomar como referencia las tecnologías contenidas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015, en la cual existen parámetros de seguridad, control, diseño y mantenimiento de estructuras. Aplicando aquellas normas, que deben ser actualizadas con el paso del tiempo, estaremos minimizando daños en las estructuras y evitando que las personas que estén dentro de un edificio pierdan sus vidas a causa de un violento sismo que puede suceder en cualquier momento.

(Pre Código)

Debido a la situación sísmica del Ecuador, en el año de 1997 a través del Decreto Ejecutivo No. 3970 se firma la primera Norma Ecuatoriana para la Construcción, con el objetivo de evitar el colapso de las estructuras durante un evento sísmico y para controlar las construcciones informales.

Código Ecuatoriano de Construcción 1977 (Período de Transición)

En nuestro país las construcciones eran informales sin ningún tipo de control o supervisión técnica de calidad. Al evidenciar el colapso de edificaciones por movimientos sísmicos considerables se genera desconfianza y miedo en la población de esta forma entra en vigor en junio de 1977 la que sería la primera norma ecuatoriana para la construcción, por lo cual las instalaciones militares que fueron construidas antes de este año.

“En esta normativa se planteó el objetivo de mejorar la seguridad y calidad de las construcciones, así también como resguardar la vida de sus habitantes. A partir de este código se creó la Guía popular de Construcción Sismo Resistente, tratando únicamente con edificaciones hasta de tres pisos, y que no contengan elementos prefabricados o preestructurados” (Fajardo et al., 2021).

Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC 2000) (Post código)

La primera evidencia práctica de la norma ecuatoriana de la construcción fue el 4 de agosto de 1998 con el sismo en Bahía de Caráquez, ya que como resultado de este sismo varias estructuras

colapsaron y se vio un deficiente desempeño ante un movimiento telúrico, por esta razón se anexo el capítulo 12 del Código Orgánico de la Construcción el cual se oficializo en marzo del 2001 por el Consejo Directivo del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

Tabla 4. Filosofía de diseño (Carranza Quinatoa & Yacelga Perugachi, 2016; Vásquez León, 2015).

Tipo de terremoto	Objetivo
Terremotos leves y frecuentes	Prevenir daños en elementos estructurales y no estructurales
Terremotos moderados y poco frecuentes	Prevenir daños estructurales graves y controlar daños no estructurales
Terremotos severos y que rara vez ocurren	Evitar el colapso de la estructura procurando segura la vida de las personas

En esta normativa da como especificaciones básicas que sus derivas de piso sean menores a las admisibles también determina que el cortante basal mediante la zona sísmica ligada a un factor Z a su vez que las edificaciones sean capaces de disparar energía en el rango elástico también determina que las zonas sísmicas se dividían en 4 grupos definidos por el peligro sísmico y se pretende que las estructuras tengan un comportamiento adecuado en el rango elástico con el control de las derivas acorde a las normativas internacionales (Correa Zuñiga, 2016).

Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 15) (Código Moderno)

Con las actualizaciones presentadas en las normativas internacionales de construcción tales como ACI, AISC, ANSI, etc. El miércoles 6 de abril del 2011, mediante Decreto Ejecutivo N° 705, con registro oficial N°421 el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda MIDUVI, con la colaboración de la Cámara de la Industria de la Construcción inician la actualización del CEC2000 y aparece el Comité Ejecutivo de la Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC-15 con el objetivo de establecer los requisitos mínimos para diseño y con esto mejorar los procesos constructivos a través de una guía que cuenta con 10 capítulos con 6 zonas para el diseño sismorresistente respaldada por nuevos estudios de sismicidad de la EPN-IGN y una clasificación del suelo en categorías de A hasta F (Correa Zuñiga, 2016).

Los primeros capítulos de la NEC-15 aprobados el 19 de agosto de 2014 son:

- NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas)
- NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, diseño sismo resistente (4 partes)
- NEC-SE-RE: Riesgo Sísmico, Evaluación, Rehabilitación de Estructuras
- NEC-SE-GC: Geotecnia y Diseño de Cimentaciones
- NEC-SE-HM: Estructuras de Hormigón Armado
- NEC-SE-MP: Mampostería Estructural

Los segundos capítulos de la NEC 15 aprobados el 10 de enero de 2015 son:

- NEC-SE-AC: Estructuras de Acero

- NEC-SE-MD: Estructuras de Madera
- NEC-HS-VIDRIO: Vidrio
- NEC-SE-VIVIENDA: Viviendas de hasta dos pisos con luces de hasta 5m (4 partes)

Tabla 5. Zonas sísmicas NEC-15 (Normativa Ecuatoriana de la Construcción, 2015)

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Factor Z	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	>0.5
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

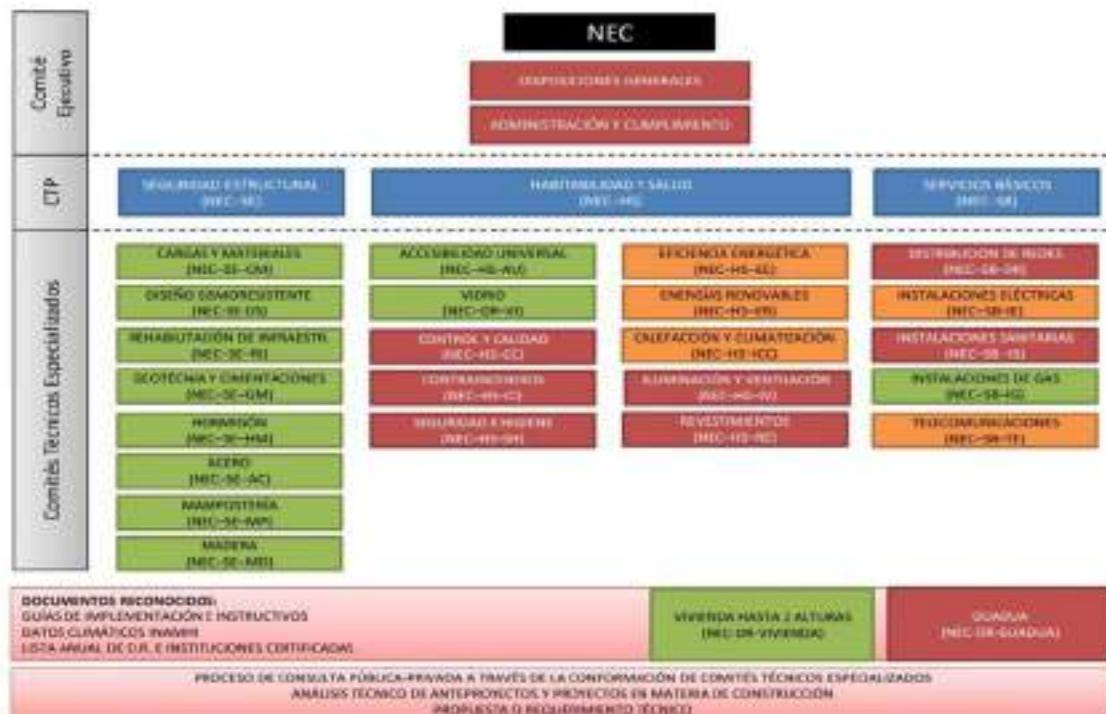


Figura 15. Capítulos de la Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC-15 (Normativa Ecuatoriana de la Construcción, 2015).

Parámetros de GV1

Es la primera calificación para la evaluación de vulnerabilidad sísmica en instituciones militares dentro de los tres grupos de vulnerabilidad mediante la guía de Ballesteros & Caizaguano (2020)

Número de pisos

En Ecuador el número de pisos habitual en instalaciones en recintos militares es de uno hasta cuatro, construidos con la finalidad que su vida útil sea de varios años. Con esto es posible considerar como factor de vulnerabilidad que mientras mayor la antigua y número de pisos de la

construcción, será más vulnerable frente a un movimiento telúricos, considerando que las instalaciones de los recintos militares son construidas antes del año de 1997, debemos considerar que su diseño no fue basado en una norma que prevea daños sísmicos (Aguirre Ramos, y otros, 2022).

Mientras que las estructuras edificadas con el post código (CEC 2000) y especialmente las construidas con el código moderno (NEC-15) la cual contempla los requisitos para obtener una mejor respuesta ante un movimiento telúrico en especial los edificios con un máximo de cuatro pisos (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

Tipo de edificio FEMA

El evaluador al tener de la capacidad de identificar las características constructivas de las instalaciones en los recintos militares en base al tipo de edificio FEMA. En caso de no poder acceder a las edificaciones y determinar la tipología, el evaluador deberá realizar un descarte de los sistemas a los que no pertenezca la edificación y se deberá considerar entre las opciones restantes la que más se acople a la estructura en estudio (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020). Los tipos de estructuras que se presentan en Ecuador han sido divididos en 13 grupos presentados por la FEMA P-154 (2015).

Condición de golpeteo y adyacencia

En los recintos militares no es común observar edificaciones adyacentes en sus edificaciones originales, sin embargo, en las adecuaciones o construcciones de nuevas instalaciones con la finalidad de realizar ampliaciones por el aumento poblacional del personal de las unidades, se identifica la existencia de colindancia entre estructuras y en caso de un sismo estas provocarán oscilaciones que al no existir una separación adecuada entre los edificios, produce un riesgo de golpeteo como respuesta al movimiento telúrico, debido a esto se establece como otro factor de vulnerabilidad (Aguirre Ramos, y otros, 2022).

El riesgo potencial de la caída de elementos no estructurales exteriores o de la misma estructura que se encuentra adyacente se considera como otro factor de vulnerabilidad, por eso se debe establecer la diferencia de separación mínima de cada piso como un nivel de amenaza sísmica, con los datos obtenidos de alturas y separaciones, con la guía se procede a determinar los dos criterios de evaluación, golpeteo y adyacencia (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

Tipo de Suelo

La importancia de evaluar este factor está en la interacción que existe entre el suelo y la estructura, los esfuerzos y deformaciones que se presentan causado por la rigidez de los materiales empleados. La interacción entre el suelo y la cimentación es vital en el diseño sismo

resistente de la estructura cuando las cimentaciones se encuentran sobre suelos blandos, produciendo un incremento en el desplazamiento total del sistema suelo -estructura debido a que la cimentación toma una parte de la deformación (Aguirre Ramos, y otros, 2022).

El tipo de suelo inciden en las instalaciones de los recintos militares, ya que, dadas según sus características la respuesta será distinta al momento de un sismo. Como en el caso de los suelos no cohesivos se puede presentar un fenómeno de licuefacción, este tipo de suelo es diferente a las arenas y gravas existentes en playas, cauces y llanuras aluviales (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

En varios países las normativas de construcción han implementado una tipología general por sus propias condiciones, por esta razón el Ecuador presenta su propia tipología en La Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15 presenta en dos de sus capítulos (Peligro Sísmico; Diseño Sismo Resistente, NEC-SE-DS y Geotecnia y Cimentaciones, NEC-SE-GC) y una clasificación para los perfiles de suelo donde los perfiles A y B son considerados como suelos duros, por lo tanto, representan una menor vulnerabilidad, caso contrario, los suelos E y F los mismos que representan una mayor vulnerabilidad. (Fajardo Cartuche, Guevara Álvarez, Herrera Garcés, Ochoa Campoverde, & Torres Orellana, 2021) (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Gestión de Riesgos

Entendemos como riesgo al estado objetivo latente que nos anuncia la probabilidad de la ocurrencia de eventos considerados negativos, los cuales nos pueden ocasionar probables daños y pérdidas futuras. Es un contexto que puede acarrear una reducción o disminución en las opciones de desarrollo pleno de algún elemento de la estructura social y económica de una población (Lavell, 2003). A partir de este concepto definimos a la gestión de riesgo como aquellos saberes disciplinarios que permiten identificar, comprender, generar, gestionar, impulsar y consolidar procesos sociales e institucionales orientados hacia la disminución o asunción del fenómeno en sus distintas manifestaciones (Toulkeridis, 2015). En resumen, la gestión del riesgo es un proceso de planificación estratégica que incluye el conocimiento científico y del contexto del fenómeno (marco legal, institucional, actores, intereses), de las amenazas (terremotos, sismos, erupciones volcánicas, etc.) de las vulnerabilidades y de los riesgos (PNUD,2007).

La participación de las FF.AA. en apoyo a la gestión de riesgos en un desastre natural a lo largo de la historia ha sido y será de vital importancia para la mitigación de un evento adverso y es primordial coordinar con las instituciones del Estado responsables de la seguridad del país y la población ecuatoriana. Su apoyo debe ser total sobre todo en las tareas de búsqueda, rescate y seguridad cuando suceda el desastre; apoyo a la Policía Nacional en seguridad interna y control del orden público; de ser posible, apoyo a todas las instituciones del Estado en tareas de

reconstrucción. En los diferentes COE's que se crean deberá ser parte de las mesas planificadoras para ayudar con todo sus medios materiales y humanos a la mitigación del desastre (Mindiola y Toulkeridis, 2021).

Análisis de la capacidad de respuesta Cr

La capacidad de respuesta (Cr) es un conjunto de elementos, principios y actividades asociadas con la respuesta de emergencia y la recuperación de los impactos de corto y largo plazo ocasionados por eventos sísmicos (Hajibabae et al., 2014). Para Definir la capacidad de respuesta se toma en cuenta aspectos como la planificación, los recursos, la accesibilidad y la capacidad de evacuación en cada zona. La Cr representa el nivel de disponibilidad de recursos humanos, físicos y equipos que se puede disponer y utilizar en las diferentes etapas del fenómeno para reducir las consecuencias de los sismos (Hajibabae et al., 2013).

Elemento de terreno (E)

Según la guía de Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica propuesta por Ballesteros Salazar y Caizaguano Montero (2020), el elemento de terreno (E) es un factor de suma importancia que se relaciona directamente con el tipo de edificación que se va analizar, su ocupación, la población presente dentro de ella frente a la manifestación de un fenómeno natural. Se considera un coeficiente de capacidad, el cual se obtiene valorando la Capacidad de Respuesta de toda la institución evaluada.

Nivel de exposición a la amenaza (NE)

Se refiere a todos los elementos en riesgo como población, edificaciones, actividades económicas, servicios públicos e infraestructura expuestos ante un eventual sismo. Contemplado dentro de un área delimitada por el radio de afectación (Mazón Pachacama & Reinoso Salinas, 2020). Según la guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras publicada en el 2016, para determinar el nivel de exposición ante una amenaza que tiene un lugar determinado. Dicho grado de exposición se puede representar como un nivel de aceleración horizontal a nivel de la roca para un periodo de tiempo determinado para luego estimar la respuesta dinámica del subsuelo que sobre-yace a la roca para así determinar la demanda sísmica esperada en la superficie. Los estudios de amenaza sísmica proporcionan datos básicos que permiten diseñar nuevas estructuras o hacer una revisión de las ya existentes. Cabe anotar, que debido a la variabilidad del fenómeno sísmico y del desconocimiento de datos más completos, los resultados obtenidos tienen un nivel de incertidumbre determinado, el cual se tiene en cuenta en el proceso de evaluación.

Coeficiente de capacidad

Representa la vulnerabilidad general de una estructura según el impacto total en su capacidad de respuesta, y el coeficiente puede aumentar o disminuir esa vulnerabilidad (Fajardo et al., 2021).

Riesgo global

Basado en la amenaza sísmica, genera valores para toda la estructura, teniendo en cuenta los siguientes parámetros: capacidad de respuesta, exposición y vulnerabilidad general. Por otro lado, nos muestra indicadores globales del riesgo sísmico de estructuras según amenazas (Balón Ramos et al., 2018).

Puntaje Base

Esta puntuación está vinculada al año en que se construyó el edificio de investigación. Recuerde, cuanto más antiguo es, más vulnerable es porque no se basa en el estatuto de referencia o es obsoleto. Por lo tanto, se espera que los edificios construidos de acuerdo con la normativa vigente (NEC 15) reflejen una menor vulnerabilidad. Hay cuatro apartados, cada uno con una puntuación específica, donde se estima la normativa utilizada según el año de construcción (sin normativa, CEC 77, CEC 2000, NEC15).

Tabla 6. Puntaje base según el año de construcción (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Rango de año	Desempeño estructural	Puntaje base
Después del año 2015 (NEC 15)	Buen desempeño	12.5
Entre 2000-2014 (CEC 2000)	Moderado desempeño	22.5
Entre 1978-1999 (CEC 77)	Deficiente desempeño	45
Antes del año 1977 (Sin Norma)	Nulo desempeño	55

Grupos de Vulnerabilidad GV1, GV2 y GV3

En forma general se define la vulnerabilidad sísmica de un edificio como su grado de predisposición inherente a soportar daño como resultado de un sismo, en razón de sus propiedades físicas y estructurales (Bonett, 2003). Es fundamental conocer que los grupos de Vulnerabilidad permiten identificar que tan susceptible es una estructura, además de poder cuantificar los diversos parámetros estructurales y no estructurales propias en una edificación y así obtener una evaluación sísmica adecuada mediante esta información. Por consiguiente, se según FEMA P-1000, existen tres grupos de vulnerabilidad para clasificar a estas edificaciones. Cada uno de estos parámetros se los evalúa con 4 grados (G_A , G_B , G_C y G_D) que presentan un diferente valor que depende de las características que presenta cada estructura (Aguirre Ramos et al., 2022).

Tabla 7. Grados de Vulnerabilidad (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Grado	Descripción	Puntaje
G _A	Representa una vulnerabilidad baja	20
G _B	Representa una vulnerabilidad media	40
G _C	Representa una vulnerabilidad alta	60
G _D	Representa una vulnerabilidad muy alta	80

Grupo de Vulnerabilidad (GV1)

Dentro de los aspectos generales GV1 que se especifican datos de la edificación como, el tipo de estructura según FEMA, datos de construcción, número de pisos total, área de construcción, si existen remodelación, tipo de suelo, adyacencias, irregularidades, etc.

Año de Construcción

En este factor la edad que tiene el edificio sirve como dato importante para determinar al análisis final y conocer si afectará o favorecerá en los resultados obtenidos, además de manera general la recopilación de esta información puede obtenerse en los planos de la estructura que se esté analizando, en el caso de no tener esta favorable se lo puede obtener de la visita en campo, es decir realizando una estimación, basándose en el estilo, tipo y uso de la edificación o construcción.

Número de Pisos

Este factor es posible verificarlo en campo a través de la observación y contar el número de pisos del edificio a analizar, por otro lado, también se puede definir con la ayuda de los planos arquitectónicos facilitados, donde nos presentan las plantas de elevación que se necesitan en este caso que se presente de la estructura. Según el código NEC 15, el año más reciente en que se puede construir un edificio con construcción resistente a terremotos es el año en que se implementó el código. Por lo tanto, los edificios construidos con NEC 15 solo pueden tener 4 pisos de altura (Aguirre Ramos et al., 2022).

Las estructuras de post código, o NEC-15, tienen una puntuación de vulnerabilidad más baja. Esto se debe a que solo pueden tener hasta 4 pisos. Cualquier edificio que utilice el código CEC-77 en la fase de transición se considera altamente vulnerable. Estos edificios solo pueden tener hasta 3 pisos. (Aguirre Ramos et al., 2022).



Figura 16. Observación Número de pisos en edificación

Tabla 8. Grados de vulnerabilidad por número de pisos (FEMA, 2016).

Año de Construcción	Altura	Grado
Post código	Menor a 4 pisos	GA:20
Post código	Mayor a 4 pisos	GB:40
Período de transición	Menor a 3 pisos	GC:60
Periodo de transición y pre-código	Condiciones no contempladas	GD:80

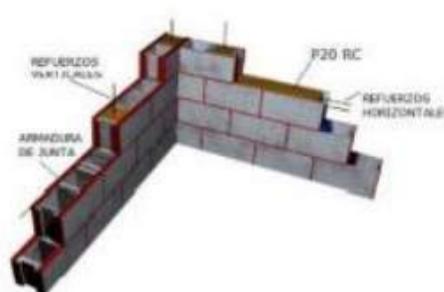
Tipo de Edificio FEMA

Para evaluar este punto es esencial analizar y definir de manera visual ciertas características en campo para determinar la edificación y así detallar el tipo de edificación FEMA y con ellos podremos alcanzar a reconocer el grado de vulnerabilidad. Si no es posible encontrar o distinguir las características del edificio, debemos elegir o realizar un descarte de las tipologías hasta encontrar la más cercana que logre relacionarse con la tabla presentada por la FEMA. La tabla presentada a continuación, nos ayuda a determinar el grado de vulnerabilidad según el tipo de edificación FEMA sugerido.

Tabla 9. Tipos de edificios FEMA. En caso de que la edificación sea mixta (MX) se debe considerar el sistema constructivo principal y más crítico (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Grados de Vulnerabilidad	Tipo de edificación FEMA	Gráfico
GA	Estructura liviana de manera simple o multi-viviendas de uno más pisos (W1)	

Grados de Vulnerabilidad	Tipo de edificación FEMA	Gráfico
GB	Estructura de acero resistente a momento (S1)	
	Estructuras metálicas livianas (S3)	
GC	Estructuras de acero con arriostramiento (S2)	
	Estructuras con marcos de acero y muros de corte fabricados in situ (S4)	
	Estructuras con marcos de acero y mampostería no reforzada (S5)	

Grados de Vulnerabilidad	Tipo de edificación FEMA	Gráfico
	Edificios con muros de corte de hormigón armado (C2)	
GD	Estructuras de hormigón armado con marcos resistentes a momento (C1)	
	Estructuras de hormigón armado con relleno de mampostería no reforzada (C3)	
	Estructuras de hormigón pre-fabricado (PC)	
	Estructuras de albañilería reforzada con diafragmas flexibles de piso y techo (RM)	
	Estructuras de pared de apoyo no reforzada (URM)	

Condición de Golpeteo

Para encontrar la distancia entre dos edificios adyacentes, se calcula con la fórmula presentada de la siguiente manera

$$\Delta = \# \text{pisos}_B - \# \text{pisos}_A$$

$$S = \Delta * 5 \text{ cm}$$

Donde: Δ : Diferencia de pisos existente entre las edificaciones y

S: Separación mínima que debe tener la junta entre las estructuras

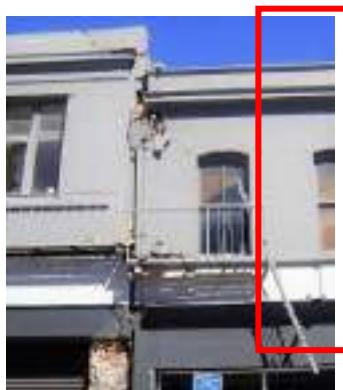


Figura 17. Condición de Golpeteo en Estructuras

Tabla 10. Grados de vulnerabilidad por golpeteo (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Condición	Grado
No presenta edificios cercanos que pueden causar problemas de golpeteo	G _A :20
El edificio adyacente se encuentra a un espacio de separación mayor al mínimo [$\Delta(p) \times 5\text{cm}$]	G _B :40
El edificio adyacente se encuentra de separación menor igual al mínimo [$\Delta(p) \times 5\text{cm}$]	G _C :60
Ausencia de juntas entre edificaciones contiguas, en caso de presencia de suelos de diferente calidad	G _D :80

Condición de Adyacencia



Figura 18. Condición de adyacencia en Estructuras

Para la evaluación de este parámetro debemos tener en cuenta las siguientes condiciones:

- La proximidad del edificio a otras estructuras puede causar efectos de impacto significativos (Aguirre Ramos et al., 2022).

- Los edificios al final de una fila de tres o más edificios son los que tienen más estrés. Debido a que no tienen un edificio alado adyacente para ayudar a compensar la presión, estos edificios experimentan más peso que los que están en el medio de una fila (Correa Zuñiga, 2016).
- La separación de cada piso por más de 60 centímetros aumenta considerablemente el riesgo de daño y derrumbe del edificio. Esto se debe a que una colisión entre dos edificios durante un sismo puede afectar directamente a sus paredes y columnas (Correa Zuñiga, 2016).
- Los edificios más pequeños sufren el mayor daño cuando son dos o más pisos más altos que el edificio contiguo (Correa Zuñiga, 2016).

Tabla 11. Problemas de adyacencia en edificaciones (FEMA, 2016).

Condición	Gráfico
Separación vertical de pisos adyacentes	
Edificios con más de dos pisos de alto	
Edificio final celdas	

Tabla 12. Grados de vulnerabilidad por golpeteo (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Condición	Grado
No presenta edificios cercanos que puedan causar problema de golpeteo	GA:20
El edificio se encuentra al final de una fila de más de tres edificios	GB:40
Nivel de pisos entre edificios es de más de 60 cm en vertical	GC:60
Existe un edificio adyacente con más de dos plantas de diferencia en el edificio evaluado	GD:80

Tipo de Suelo

Para determinar este parámetro debemos conocer sobre qué tipo de suelo esta plantada la estructura debido a que cuando se presenta un movimiento sísmico dichas edificaciones pueden

sufrir diferentes niveles de daños estructurales. Teniendo en cuenta que en (CAMICON, 2015) se establece que se tienen seis tipos de suelo (A, B, C, D, E y F).

Tabla 13. Grados de vulnerabilidad por tipo de suelo (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Tipo de perfil de suelo	Grado de vulnerabilidad
Tipo A y Tipo B	$G_A:20$
Tipo C	$G_B:40$
Tipo D	$G_C:60$
Tipo F	$G_D:80$

Tabla 14. Tipos de perfil de suelo según la NEC-15 (CAMICON, 2015)

Tipo de Perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_{S_{30}} \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} \geq V_{S_{30}} \geq 760 \text{ m/s}$
C	a) Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante b) Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	a) $760 \text{ m/s} \geq V_{S_{30}} \geq 360 \text{ m/s}$ b. 1) $N \geq 50$ b. 2) $Su \geq 100 \text{ KPa}$
D	a) Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de onda de corte b) Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	a) $360 \text{ m/s} \geq V_{S_{30}} \geq 180 \text{ m/s}$ b. 1) $50 > N \geq 15$ b. 2) $100 \text{ KPa} > Su \geq 50 \text{ KPa}$
E	a) Perfiles de suelos que cumplan con el criterio de velocidad de onda de corte b) Perfil que contiene un espesor total mayor de 3 m de arcillas blandas	a) $V_{S_{30}} < 180 \text{ m/s}$ b. 1) $IP > 20$ b. 2) $w \geq 40\%$ b. 3) $Su < 50 \text{ KPa}$
F1: Suelos susceptibles a falla o colapso por excitación sísmica. Suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o pobemente cementados		
F2: Turba o arcillas orgánicas ($H > 3 \text{ m}$)		
F3: Arcillas de muy alta plasticidad ($H > 7.5 \text{ m}$ e $IP > 75$)		
F4: Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana – blanda ($H > 30 \text{ m}$)		
F5: Suelos con contrastes de impedancia dentro de los primeros 30 m sobre del perfil del subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones de velocidades de ondas de corte		
F6: Rellenos colocados sin control ingenieril.		

Grupo de Vulnerabilidad (GV2)

Hace referencia a una vulnerabilidad estructural en la edificación, en este grupo se evalúan los elementos que conforman la estructura de la edificación tales como columnas, vigas, losas, muros de corte (en caso de existir) así como la relación largo-ancho, irregularidades existentes en planta, irregularidades en elevación, ampliaciones verticales y horizontales, patologías en paredes o acabados de la construcción.

Relación Largo Ancho

La longitud de la planta de un edificio afecta en gran medida su comportamiento estructural. Los edificios con plantas alargadas hacen que aumente la demanda de resistencia y flexibilidad. Esto se debe a que los edificios que tienen planos largos experimentan movimientos de rotación, que pueden causar daños significativos durante un terremoto. Diferentes puntos de la estructura se ven afectados de manera diferente por los terremotos cuando un edificio tiene una planta larga (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

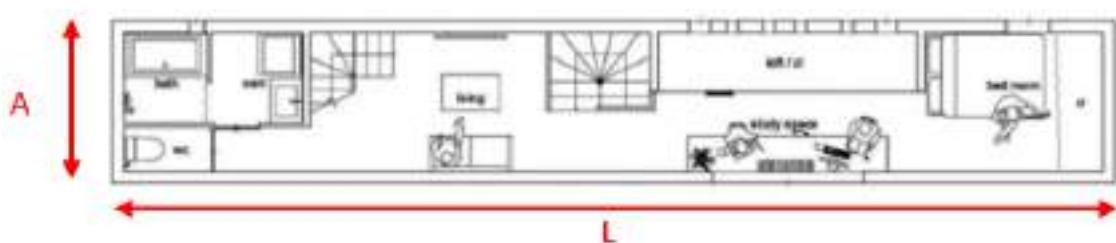


Figura 19. Relación Largo-Ancho en Estructuras

La NEC 15 requiere que la relación largo-ancho de una estructura no sea mayor a 4. Su longitud no puede exceder los 30 metros. Si lo hace, entonces el edificio debe ser separado en secciones más pequeñas que no excedan los 30 metros. Esta regla existe porque las estructuras grandes pueden volverse peligrosamente inestables (Aguirre Ramos et al., 2022).

Tabla 15. Grados de vulnerabilidad por relación largo ancho (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Condición	Grado
La edificación posee una relación largo ancho menor a 4	GA:20
La edificación posee una relación largo ancho menor a 4. Una de sus longitudes es próxima a 30m	GB:40
La edificación posee una relación largo ancho mayor a 4	GC:60
La edificación posee una relación largo ancho mayor a 4, no se identifica juntas de separación. Una de las longitudes supera los 30m	GD:80

Irregularidades en Planta

Las irregularidades planificadas surgen por una variedad de razones, muchas de las cuales se deben a las condiciones de construcción o al uso de la tierra disponible (Alamgro Oña & Paredes Jaramillo, 2016). La vulnerabilidad de la estructura de un edificio depende de cuáles de las siguientes características estén presentes en el edificio. De mayor a menor son diafragmas con agujeros, reingreso en esquina, sistemas no paralelos e irregularidad torsional (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

Tabla 16. Irregularidades en Planta (FEMA, 2016)

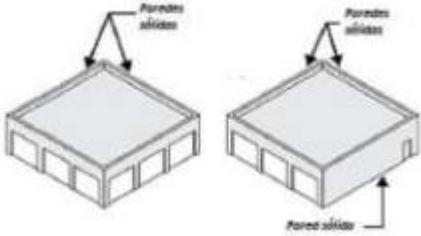
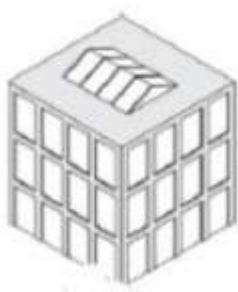
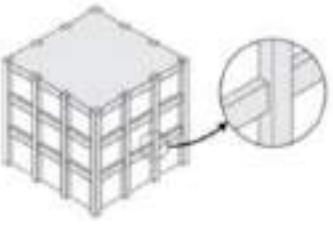
Condición	Gráfico
Torsión	
Sistemas no paralelos	
Esquina reentrant	
Abertura en diafragma	
Vigas no alineadas con las columnas	

Tabla 17. Grados de vulnerabilidad por irregularidad en planta (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020))

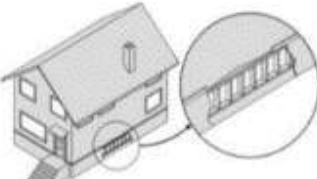
Condición	Grado
La edificación es regular	GA:20
La edificación presenta:	GB:40
Vigas no alineadas con las columnas. Abertura en diafragmas	
La edificación presenta: esquinas reentrantes	GC:60
La edificación presenta: Torsión. Sistemas no paralelos	GD:80

Irregularidades en Elevación

Las irregularidades en elevación hacen referencia principalmente a la configuración con la que cuentan, en su defecto también a los sistemas que resisten a las fuerzas ejercidas lateralmente. Estas desigualdades en las edificaciones pueden causar efectos drásticos y no solo en su comportamiento, también en su desempeño. Sin hacer más extenso se dice que estos efectos pueden causar daños, fallas o incluso el colapso total de la edificación analizada. Este efecto se produce por la concentración de demandas en determinados elementos o plantas (Alamgro Oña & Paredes Jaramillo, 2016). El grado de vulnerabilidad de la estructura se determinará teniendo en cuenta si la edificación manifiesta cualquiera de las siguientes tipologías que se enumeran a continuación tomando en cuenta la mayor repercusión desde lo más crítico hasta lo menos nocivo;

- Retroceso fuera del plano,
- Piso blando,
- Columnas cortas,
- Retroceso en plano,
- Pared de sótano sin refuerzo,
- Desnivel en el terreno severo,
- Niveles divididos y desnivel de terreno moderado (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Tabla 18. Irregularidades en elevación (FEMA, 2016)

Condición	Gráfico
Pared de sótano sin refuerzo	

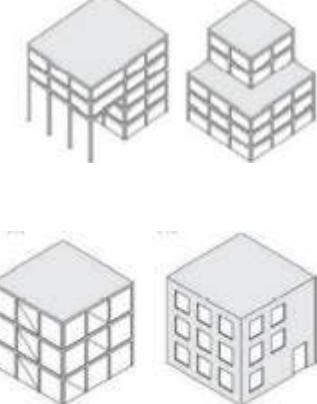
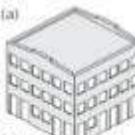
Condición	Gráfico
Piso blando y/o débil	(a)  (b) 
Retroceso fuera del plano	(c)  (d) 
Retroceso en el plano	
Columna corta	(a)  (b)  (c) 
Niveles divididos	

Tabla 19. Grados de vulnerabilidad por irregularidad en elevación (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Condición	Grado
-----------	-------

Condición	Grado
La edificación es regular	$G_A: 20$
La edificación presenta: Desnivel de terreno moderada o niveles divididos	$G_B: 40$
La edificación presenta: Desnivel de terreno severo (pendiente mayor 14%) o retroceso en el plano o pared de sótano sin refuerzo	$G_C: 60$
La edificación presenta: Columnas cortas o Piso blando / débil o Retroceso fuera del plano	$G_D: 80$

Ampliaciones Verticales y Horizontales

Las ampliaciones horizontales dependen de la superficie del terreno además que con ello es posible integrar o crear un espacio nuevo a la construcción antigua. Las ampliaciones verticales, por lo general suele darse en lugares que no tienen suficiente espacio en costados o laterales, debido a limitaciones del terreno. Una de las peculiaridades más normales con el transcurrir de los años luego de la construcción de algún tipo de edificación, es la de realizar expansiones ya sean estas de manera horizontal o sean de manera vertical, una de las justificaciones se presenta por la necesidad de conseguir mayor espacio dentro de las mismas. Para la evaluación del grado de vulnerabilidad se procederá a revisar las circunstancias y características de las ampliaciones realizadas, en la tabla 17.

Tabla 20. Guía para identificar ampliaciones verticales y horizontales (FEMA, 2016)

Orientación	Gráfico
Vertical (1) Planta de menor dimensión que la principal.	
Vertical (2) Más de una planta adicional con la misma configuración en planta y sistema estructural que el edificio original.	

Orientación	Gráfico
Vertical (3) Más de una planta adicional con un sistema estructural diferente	
Horizontal (1) Edificio adicional del mismo tipo constructivo y número de pisos que el original. Dimensión horizontal del edificio estrecho menor o igual al 50% de la longitud del edificio más ancho.	
Horizontal (2) Edificio adicional con diferente altura que el original.	
Horizontal (3) Edificio adicional con diferente tipo de construcción que el original.	
Horizontal (4) Edificio adicional pequeño, que está apoyado en el edificio original para soporte de gravedad.	

Tabla 21. Grados de vulnerabilidad por ampliaciones verticales (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Condición	Grado
Estructura no presenta ampliaciones	$G_A: 20$
Ampliación de una planta más pequeña que la principal. Una o más plantas con la misma configuración en planta e igual sistema de construcción	$G_B: 40$
Una o más plantas con la misma configuración estructural que la principal, pero con diferente sistema constructivo	$G_C: 60$

Condición	Grado
Una o más plantas con diferentes configuraciones que la principal, y diferente sistema constructivo	$G_D: 80$

Tabla 22. Grados de vulnerabilidad por ampliaciones horizontales (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Condición	Grado
Estructura no presenta ampliaciones	$G_A: 20$
Ampliación con un mismo sistema constructivo e igual número de plantas	$G_B: 40$
Edificio con igual sistema constructivo, pero con una diferencia de número de plantas. Ampliación con diferente sistema constructivo	$G_C: 60$
Ampliación con diferente sistema constructivo y diferencia en el número de plantas.	$G_D: 80$

Patologías en Vigas y Columnas

Las patologías en una edificación son lesiones producidas ya sea por causas internas o externas, lo que respecta a el sistema estructural las vigas y columnas tienen un papel dominante, por lo que es importante realizar una evaluación objetiva in situ para así conseguir verificar el estado de dichos elementos mencionados. Por otro lado, se debe hacer hincapié en el material del que se encuentran constituidos sean ya sean de acero, hormigón o madera, y dependiendo de los datos recopilados que la caracterizan, se verificará el grado de vulnerabilidad de las grietas o diferentes fisuras, grietas, etc. Que se puedan presentar en el lugar.

Tabla 23. Tipos de condiciones para elementos metálicos (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Tipo I	Tipo II	Tipo III
Corrosión localizada	Corrosión por picadura (pitting)	Corrosión uniforme, par galvánico (soldaduras, placas)
	Aireación diferencial	Juego de uniones
	Erosión por abrasión	Efecto de fatiga
	Efectos de fuego	

Tabla 24. Tipos de condiciones para elementos madera (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Tipo I	Tipo II	Tipo III
Degradación leve de la madera	Degradación parcial de la madera	Degradación grave de madera
Pudrición leve de madera	Aireación diferencial	Pudrición grave de madera
	Pudrición parcial de madera	Juego de uniones
		Efecto de fuego en madera
		Humedad en madera

Tabla 25. Grietas en vigas (Souza, 2021)

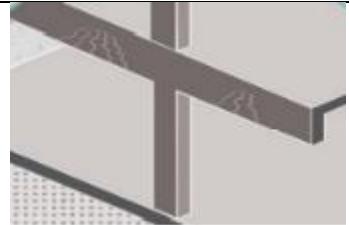
Condición	Gráfico
Grietas en viga por insuficiencia de armadura positiva	
Grietas en viga por insuficiencia de armadura negativa	
Grietas en viga por corte	
Grietas en viga por retracción del hormigón	

Tabla 26. Grietas en columnas (Souza, 2016)

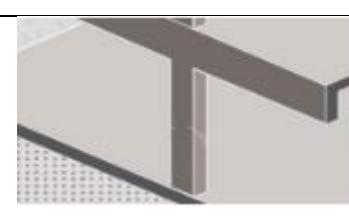
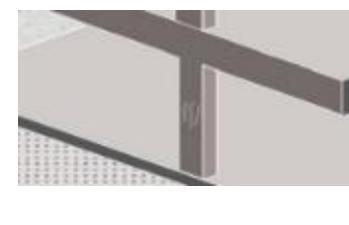
Condición	Gráfico
Grietas en columnas por represión en la fundación	
Grietas en columnas por insuficiencia de estribos	

Tabla 27. Grado de vulnerabilidad patologías en vigas (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Condición	Grado
Estructura no presenta ampliaciones	$G_A: 20$
Grietas por retracción de hormigón, afectaciones tipo I (metálica o madera)	$G_B: 40$
Grietas en vigas por insuficiencia de armaduras positiva o negativa, afectaciones tipo II (metálica o madera)	$G_C: 60$
Grietas en viga por corte, afectaciones tipo III (metálica o madera), vigas flejadas	$G_D: 80$

Tabla 28. Grado de vulnerabilidad patologías en columnas (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Condición	Grado
Columnas sin presencia de patologías	$G_A: 20$
Fisuras, afectaciones tipo I (metálica o madera)	$G_B: 40$
Grietas en columnas por represión en la fundación	$G_C: 60$
Grietas en columnas por insuficiencia de estribos, afectaciones tipo III (metálica o madera)	$G_D: 80$

Patologías en Losas de Entrepiso y Cubiertas Planas

El objetivo principal de colocar losas de entrepiso o cubiertas viene dado por alcanzar a tener la capacidad de soportar las cargas a las cuales se encuentran expuestos. De los tipos de losas de entrepiso que se pueden presentar, hay gran variedad de presentaciones con el único fin de reducir al máximo el peso de la estructura, se pueden presentar como placa colaborante de acero, otras construcciones mixtas tal, así como es el caso específico del Steel-deck, En cuanto a la madera también algunos tipos de entablados con este mismo fin ya antes mencionado.

Por otro lado, la mayoría de las patologías que se presentan en las cubiertas, vienen ocasionadas por el envejecimiento y deterioro de los distintos elementos que encontramos en ellas. Esto es porque se presenta una continua exposición a los distintos cambios meteorológicos como son: los altibajos en temperatura, humedad, rayos solares, lluvia, granizo, etc. Sin embargo, para la verificación visual en el campo y llegar a un resultado de la vulnerabilidad de las losas de entrepiso y cubiertas se debe tomar en cuenta el material con el cual están constituidas de igual manera que tipo de patologías presenta sean estas las grietas o diferentes afectaciones que se puedan evidenciar.

Tabla 29. Grietas en losas (Souza, 2016)

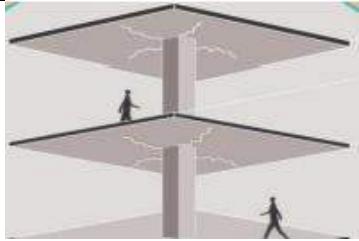
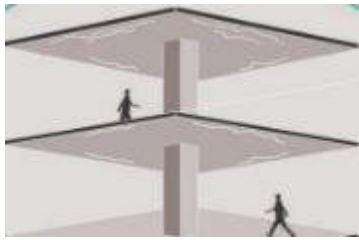
Condición	Gráfico
Grietas en losas por insuficiencia de armadura positiva	
Grietas en losas por sobrecarga excesiva	

Tabla 30. Grado de vulnerabilidad por grietas (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Condición	Grado
Losas sin presencia de patologías	$G_A: 20$
Fisuras, afectaciones tipo I (metálica, acero, madera)	$G_B: 40$
Grietas en losa por insuficiencia de armadura, Afectaciones tipo II (metálica, acero, madera)	$G_C: 60$
Grietas en losas por sobrecarga excesiva, afectaciones tipo III (metálica, acero, madera), deformación de la losa	$G_D: 80$

Patologías en Paredes

Como ya se había mencionado antes, para poder realizar un análisis y verificación visual optima, se debe constatar de que material están construidos los elementos, en este caso de que tipo de material está hecha la mampostería, de esta manera se puede dar un juicio de la gravedad de las afectaciones o circunstancias en las que se encuentran las paredes, dentro de este material se puede mencionar que se puede ser mampuesto de bloques prefabricados de cemento, ladrillos, piedras irregulares. Posterior a este análisis se verifica las posibles fisuras presentes en la mampostería, una de las afectaciones más comunes es el de la humedad.

Tabla 31. Grietas en paredes (Souza, 2016)

Condición	Gráfico
Grietas en esquinas de ventanas y puertas	
Fracturas o grietas horizontales o verticales en fachadas	
Fracturas o grietas inclinadas en fachadas	

Tabla 32. Grado de vulnerabilidad por patología en paredes (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Condición	Grado
Paredes sin presencia de patologías	$G_A: 20$
Grietas en esquinas de ventanas y puertas, humedad localizada, afectaciones tipo I (laminas metálicas y de madera)	$G_B: 40$
Fractura o grietas horizontales o verticales en fachadas, afectaciones tipo II (laminas metálicas y de madera), humedad generalizada, acción de hongos y moho.	$G_C: 60$
Fractura o grietas horizontales o verticales en fachadas, afectaciones tipo II (laminas metálicas y de madera), humedad generalizada, acción de hongos y moho.	$G_D: 80$

Grupo de Vulnerabilidad (GV3)

Elementos Externos No Estructurales

La presencia de elementos externos no estructurales durante el desarrollo de un evento sísmico se los debe tomar en cuenta ya que existe la probabilidad de caída y obstrucción del paso al

momento de evacuar, se considera elementos no estructurales a cisternas, astas, chimeneas, etc. Se debe verificar que mantengan una correcta fijación, de lo cual dependerá el grado de vulnerabilidad (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

Tabla 33. Grado de vulnerabilidad de elementos externos no *estructurales* (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Condición	Grado
No hay presencia de elementos no estructurales elevados.	$G_A: 20$
Los elementos no estructurales observados se encuentran con adecuada colocación, fijación, o buen empotramiento con la estructura.	$G_B: 40$
Los elementos no estructurales observados se encuentran con inadecuada colocación, fijación, o buen empotramiento con la estructura.	$G_C: 60$
Los elementos no estructurales observados se encuentran con un alto riesgo de caída ante un movimiento sísmico.	$G_D: 80$

Elementos Internos No Estructurales

Se considera a elementos tales como archiveros, estantes, instalaciones eléctricas, cielos falsos, etc.; debido a que pueden obstaculizar el paso de las durante un evento sísmico (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

Tabla 34. Grado de vulnerabilidad de elementos internos no estructurales (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Condición	Grado
Los elementos no estructurales internos presentan una adecuada colocación e implementación.	$G_A: 20$
Los elementos no estructurales internos presentan una deficiente colocación e implementación.	$G_B: 40$
Los elementos no estructurales internos presentan una mala colocación e implementación	$G_C: 60$
Los elementos no estructurales internos se encuentran con un alto riesgo de caída ante un movimiento sísmico	$G_D: 80$

Estado de Conservación de la Edificación

De esta manera se puede evaluar en forma general el estado de los diferentes elementos estructurales, mamposterías y además elementos no estructurales, en función de 4 categorías: Muy bueno, Bueno, Regular y Deficiente. (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

Tabla 35. Grado de Vulnerabilidad por Estado de la *Edificación* (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Estado de Conservación	Grado
Muy Bueno	$G_A: 20$

Bueno	$G_B: 40$
Regular	$G_C: 60$
Deficiente	$G_D: 80$

Estado de Conservación de Cubiertas

Una de las funciones principales de las cubiertas es la de proteger el edificio o a la vivienda o estructura construida del frío, del calor, así como de los rayos ultravioleta y otras de las condiciones climatológicas como suelen ser el viento, la lluvia, la nieve, el granizo, etc. Por ello mantenimiento de cubiertas es, por tanto, fundamental para el bienestar de toda la construcción. Las cubiertas deben ser analizadas de acuerdo al criterio del evaluador (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020).

Tabla 36. Grado de Vulnerabilidad por Estado de Conservación de Cubiertas (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Estado de Conservación de las Cubiertas	Grado
Muy Bueno	$G_A: 20$
Bueno	$G_B: 40$
Regular	$G_C: 60$
Deficiente	$G_D: 80$

Puertas de Salida o Emergencia

Una salida de emergencia, se caracteriza por ser un elemento que se localiza dentro de la construcción o estructura, y que se es diseñada con el fin de proporcionar una vía de salida rápida y segura de las edificaciones en el caso de darse una emergencia. Hay varios puntos importantes y técnicos en las puertas de salida o puertas de emergencia, ya que se utilizan dentro de eventos que requieran evacuación, estos puntos mencionados se encuentran expuestos dentro del Acuerdo al Consejo Metropolitano de Quito del año 2003 donde se dice lo siguiente:

- Las puertas deben tener un ancho mínimo libre de 0.90m y altura 2.05m.
- Las puertas deben contar con un ángulo de apertura máximo entre 135° y 180° y deben ser abatibles hacia el exterior sin que sus hojas obstruyan pasillos o escaleras.
- Se debe eliminar y dejar de utilizar cerraduras tipo pomo, y dar paso a cerraduras tipo palanca, de accionamiento, o automáticas.
- En puertas debe dejarse un espacio libre cerca de la apertura (0.45 - 0.55 m), la profundidad del espacio libre debe ser de 1.20 m adicional.

Tabla 37. Grado de Vulnerabilidad por Puertas de Salida o Emergencia (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Condición	Grado
75-100% de las puertas cumplen con los requisitos básicos	$G_A: 20$
50-74% de las puertas cumplen con los requisitos básicos	$G_B: 40$
25-49% de las puertas cumplen con los requisitos básicos	$G_C: 60$
0-24% de las puertas cumplen con los requisitos básicos	$G_D: 80$

Ventanas

Las ventanas se pueden considerar de los elementos más importantes al momento de una evacuación por lo cual al considerarse como posibles salidas de emergencia, estas tienen que cumplir con un cierto tipo de características que prioricen a personas con discapacidad, personas de talla baja y niños, etc., deben construirse con vidrio templado para evitar daños a las personas. Dentro de (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020) se menciona que para los ángulos de visión tanto hacia arriba como abajo tiene que ser de 30° considerando a una persona ambulante con un promedio de altura de 1,60 m, pero se condiciona con el nivel del ojo de una persona sedente que cuenta con un promedio de 1,2 m.

Tabla 38. Grado de Vulnerabilidad por Ventanas (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Condición	Grado
75-100% cumplen con los requisitos básicos	$G_A: 20$
50-74% cumplen con los requisitos básicos	$G_B: 40$
25-49% cumplen con los requisitos básicos	$G_C: 60$
0-24% cumplen con los requisitos básicos	$G_D: 80$

Accesibilidad Universal

Respecto a lo mencionado por (EL CONSEJO METROPOLITANO DE QUITO, 2003) se deben cumplir con parámetros importantes para una correcta y segura accesibilidad a las edificaciones, teniendo en cuenta:

Rampas:

- Las pendientes varían del 6 al 12%.
- La pendiente transversal máxima es del 2%
- Ancho mínimo de la rampa debe ser de 0,90 m.
- Pasamanos intermedios
- Desnivel que la rampa está salvando es mayor a 20 cm, utilizar bordillos.

Escaleras:

- Ancho mínimo de escaleras de 1,20 m

- Las contrahuellas deben tener una altura máxima de 18 cm.
- Tramos continuos hasta un máximo de diez escalones.
- Pasamanos a ambos lados
- La dimensión de la huella viene dada por la fórmula:

$$b = 0,64 - 2 * (a)$$

Donde:

b: Dimensión de la huella

a: Altura de la contrahuella

Tabla 39. Grado de Vulnerabilidad por Accesibilidad Universal (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Condición	Grado
Se identifica satisfactoriamente las normas básicas para accesibilidad inclusiva.	$G_A: 20$
Deficiente implementación de normas básicas para accesibilidad inclusiva.	$G_B: 40$
En proceso de implementación de normas básicas para accesibilidad inclusiva.	$G_C: 60$
No se ha implementado ninguna norma básica para accesibilidad inclusiva.	$G_D: 80$

Puntaje de Grado de Vulnerabilidad

Se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$V = GV + P. \text{Base}$$

Tabla 40. Factor de influencia para GV en función del puntaje base (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

I	Puntaje Base			
	12,5	22,5	45	55
Gv1	0,225	0,225	0,225	0,1875
Gv2	0,1125	0,1125	0,113	0,0938
Gv3	0,0375	0,0375	0,038	0,0313

El GV se obtiene al sumar los grupos de vulnerabilidad influenciados por el índice mencionado previamente:

$$GV = I_{GV1} * GV_1 + I_{GV2} * GV_2 + I_{GV3} * GV_3$$

Tabla 41. Grado de Vulnerabilidad Sísmica (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Rango	Grado de Vulnerabilidad (V)	Observaciones
$60 < \text{valor} \leq 80$	Alto	Debe realizarse un análisis estructural.
$40 < \text{valor} \leq 60$	Medio	Evaluar mediante FEMA P-154, para descartar o confirmar la realización de un análisis estructural.
$20 < \text{valor} \leq 40$	Bajo	Tomar las recomendaciones emitidas por los evaluadores.

Elemento del terreno (E)

Tabla 42. Importancia de edificación según elemento de terreno (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Uso	Población de la edificación			
	De 1 a 10	De 10 a 50	De 50 a 100	Más de 100
Enfermería	5	5	5	5
Aulas/Dormitorios	3	4	5	6
Laboratorios	3	4	5	6
Oficinas	3	4	5	N/A
Comedor	2	4	5	N/A
Baños	2	3	N/A	N/A
Bodega	1	N/A	N/A	N/A
Coliseo	N/A	4	5	6

Dicho punto genera un grado de importancia de acuerdo del tipo de edificación, a su tipo de uso y el número de personas existentes en un momento concreto.

Nivel de exposición de la amenaza (NE)

Es un factor importante para conocer el riesgo de estar situado dentro de una zona de amenaza sísmica. Existen cuatro interpretaciones diferentes de la exposición: Amenaza Muy alta (AMA), Amenaza Alta (AA), Amenaza Media (AM) y Amenaza Baja (AB) (Torres Rites, 2016).

Tabla 43. Nivel de exposición a la amenaza (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Nivel de Exposición a la Amenaza	Valor asignado
Muy Alta (AMA)	1.00
Alta (AA)	0.83
Moderada-Alta (AM2)	0.50
Moderada (AM)	0.25
Baja (AB)	0.17

Vulnerabilidad Total

Para determinar el valor de la vulnerabilidad total por unidades militares, Ballesteros, K., & Caizaguano, D.(2020) se aplica el método tradicional. Este valor se cuantifica con la siguiente expresión matemática:

$$V_{total} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i E_i}{\sum_{i=1}^n E_i}$$

Donde:

V_{total} : es la vulnerabilidad significativa de todo el establecimiento escolar

V_i : grado de vulnerabilidad de cada edificación.

E_i : importancia de la edificación de acuerdo al número de ocupantes

Coeficiente de capacidad

El valor asignado para el parámetro de Capacidad de respuesta es de 70, debido a que estamos evaluando dependencias y unidades militares; razón por la cual se aplica la fórmula cuando Cr es mayor a 50.

$$C = \frac{(Cr + 100) * (170 - Vt)}{13500}$$

Donde:

Cr: capacidad de respuesta

Vt: Vulnerabilidad Total de la estructura

Riesgo Global

Finalmente, las unidades militares serán categorizadas en función de los datos obtenidos de vulnerabilidades, capacidades y riesgos, asignando cinco categorías (A-F) según el riesgo que representa.

Tabla 44. Categoría de unidades militares según el Riesgo Global (Ballesteros Salazar & Caizaguano Montero, 2020)

Nivel de Riesgo Global	Estimación del Riesgo Global	Descripción	Categ.
Rg≤15	Bajo	No se identifica un riesgo global relevante. El riesgo global está controlado. Las medidas preventivas existentes reducen eficientemente el riesgo.	A
15<Rg≤30	Moderado	Se ha detectado que existe entre el 6% y 22% de características desfavorables que se pueden mejorar dentro de la unidad educativa por lo que se debe implementar medidas preventivas que puedan reducir de forma apreciable los potenciales riesgos	B
30<Rg≤45	Moderado Alto	Se ha detectado que existe entre el 22% y 45% de características desfavorables que se pueden mejorar dentro de la unidad educativa por lo que debe implementar medidas preventivas más estrictas ya que las condiciones actuales no son lo suficiente para manejar emergencias.	C
45<Rg≤75	Alto	Se ha detectado que existe entre el 45% y 78% de características desfavorables que se pueden mejorar dentro de la unidad educativa por lo que debe implementar medidas preventivas como: refuerzo de edificaciones vulnerables, reformular los planes de operación ante emergencias, y capacitar a todo el personal ya que es muy probable que se produzca un desastre.	D
75<Rg≤100	Muy Alto	Se ha detectado más del 78% de características desfavorables que se pueden mejorar dentro de la unidad educativa por lo que las actividades dentro de ella no pueden continuar. No se refleja un conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo, y existen muchas edificaciones con un alto grado de vulnerabilidad.	E

5. NORMATIVAS APLICADAS

Para desarrollar la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica en los hospitales seleccionados se utilizarán metodologías establecidas en normativas nacionales e internacionales. Todos los estándares planteados deberán acoplarse a la situación de cada estructura, tomando en cuenta su ubicación, características, entre otros factores. Esto especialmente hablando de las normas internacionales, tomando en cuenta que las condiciones detalladas en muchas de ellas se alejan del panorama ecuatoriano. Las normativas y sus recomendaciones son fundamentales para la elaboración de los planes de acción y contingencia, pues en ellas se recopilan experiencias, lecciones y soluciones que serán de gran utilidad para este trabajo.

Normativa FEMA P-154

El informe FEMA P-154 es un manual usado en los Estados Unidos, en el cual presenta la determinación del grado de vulnerabilidad usando la “Detección Visual Rápida” (RVS en inglés “Rapid Visual Screening”) de elementos estructurales y no estructurales asignando valores ante posibles eventualidades sísmicas, a este método se lo llama el método cualitativo en el cual es desarrollado para: identificar, inventariar y evaluar a estructuras ante una eventualidad sísmica. La metodología RVS se basa en la recolección de datos basados en una observación visual de la estructura desde el exterior y de ser posible en el interior, en el cual se recopilan datos esenciales en formularios como: tipología de estructura, irregularidad en planta, irregularidad en elevación, tipo de suelo, año de construcción, etc. Estas características son relacionadas con el desempeño sísmico, de tal manera la puntuación indica el grado de vulnerabilidad que presenta la estructura.

Normativa FEMA 396

El manual FEMA 396 toma en cuenta a estructuras de atención médica catalogadas como esenciales para la realización de una evaluación de vulnerabilidad sísmica y la implementación de un programa de rehabilitación en el cual se subdividen en 3 partes: Decisiones críticas, Planificación y gestión y Herramientas para la rehabilitación, concluyendo en establecer políticas de reducción de riesgo sísmico e iniciar un programa más específico como es el reforzamiento estructural y el brindar orientación técnica para el diseño detallado de proyectos de rehabilitación.

Normativa FEMA P-1000

En la guía FEMA P-1000 proporciona información para mejorar la seguridad en instituciones educativas como: escuelas, colegios y universidades, ante peligros naturales, el objetivo de la norma es orientar sobre: peligros naturales que podría afectar a la estructura, edificios más

seguros para grupo de personas vulnerables, planificación y preparación durante un desastre natural, recuperación después del desastre natural, etc.

Es por ello por lo que la guía se centra en 3 puntos: prevención, protección y mitigación, lo cual en el presente trabajo se focaliza en el peligro ante terremotos, en el cual abarcan temas como: nivel de sismicidad, identificar el diseño de la estructura y opciones de mitigación para lograr una mayor resiliencia sísmica, crear o mejorar plan de operaciones de emergencias e identificar aspectos que se deban considerar para facilitar la recuperación después del sismo.

Normativa NEC-15

La Norma Ecuatoriana de la Construcción se fundamenta de normas internacionales, se determina un diseño sismo resistente para contemplar la importancia de principios como la prevención de daños en elementos no estructurales y estructurales, ante terremotos pequeños y frecuentes, de igual manera para los daños estructurales graves y controlar daños no estructurales, ante terremotos moderados y poco frecuentes, por otro lado, se pretende evitar el colapso ante terremotos severos que pueden ocurrir durante la vida útil de la estructura, procurando salvaguardar la vida de los ocupantes (NEC-15, 2015).

Normativa FEMA 577

La normativa es una guía de diseño para mejorar la seguridad hospitalaria en terremotos, inundaciones y vientos fuertes, como primer punto se describe la vulnerabilidad más frecuente y los daños causados por eventos de amenazas naturales en las edificaciones que se encuentran en operación. Concluye con una mirada al enfoque de peligros múltiples para el diseño de hospitales y proporciona pautas básicas sobre la interacción entre las respuestas de los componentes del edificio a varios riesgos de peligros naturales. Se realiza mejoras para las prácticas en diseño y reacondicionamiento sísmicos de instalaciones hospitalarias (FEMA 577, 2007).

Normativa FEMA E-74

El objetivo principal que busca alcanzar esta normativa es servir de guía para identificar las fuentes de daños no estructurales causados por terremotos y definir metodologías que permitan reducir los riesgos potenciales. En ella se definen los diferentes componentes no estructurales como son: todos los sistemas arquitectónicos, mecánicos, eléctricos y de plomería, también se incluyen muebles, enseres, equipos y contenidos.

Se trata de crear conciencia sobre los riesgos no estructurales que pueden existir, así como de las consecuencias que se llegarían a tener en caso de fallas, las cuales serían principalmente económicas, destacando sobre todo las oportunidades que permiten evitar dichas pérdidas (FEMA E-74, 2012),

Normativa ASCE/SEI 41-17

Esta normativa tiene como objetivo especificar disposiciones aplicables para la evaluación sísmica y reforzamiento de edificios existentes basada en niveles de desempeño estructural, este desempeño resulta de la combinación de componentes tanto estructurales como no estructurales y se expresa como un estado de daño discreto, sabiendo que cuenta con niveles como: ocupación inmediata, control de daños, seguridad de vida y seguridad limitada para prevenir la falla catastrófica o colapso.

Esta norma no impide que una edificación sea evaluada o readecuada por otros procedimientos basados en métodos racionales y por la aprobación por parte de la Autoridad Competente (ASCE/SEI 41-17, 2017).

Normativa ASCE/SEI 7-22

Esta normativa se enfoca en las cargas mínimas de diseño y coordinación para el diseño estructural general, teniendo en cuenta que su metodología más importante es en base a los tipos de eventualidades que se pueden dar en distintas zonas donde se vaya a elaborar una obra civil, por tal motivo esta norma, ayuda con cargas de diseño para todos los peligros como: inundaciones, tsunamis, nieve, lluvia, hielo, sismos, vientos e incendios, así como también hace referencia a como evaluar las distintas combinaciones de carga (ASCE/SEI 7-22, 2022)

PARTE 2. RESULTADOS DE SANGOLQUÍ

Se evaluaron un total de 62 instituciones educativas de la parroquia de Sangolquí incluyendo una universidad mediante la guía elaborada por (Ballesteros & Caizaguano, 2020), las cuales se alistan a continuación.

Tabla 45. Planteles Educativos Evaluados mediante la Guía de (Ballesteros & Caizaguano, 2020)

Nº	Nombre	Latitud	Longitud	Cota
1	Universidad de las Fuerzas armadas ESPE	784678,30	9965165,30	2499
2	Unidad Educativa Liceo Naval	782376	9966986	2550
3	Unidad Educ. Partic. Marques de Selva Alegre	784989	9962107	2554
4	Unidad Educativa Santo Tomás de Aquino	782477	9964538	2550
5	Unidad Educativa Juan de Salinas	785177	9962879	2545
6	Liceo Cristiano Mahanaym	784517	9962994	2530
7	Unidad Educativa Lev Vygotsky	783129	9962775	2539
8	Unidad Educativa Jahibé	782851	9966224	2550
9	Unidad Educativa El Camino	783469,6	9963796	2550
10	Liceo del Valle	785973	9964118	2556
11	Unidad Educativa Cotogchoa	786211	9963594	2568
12	Unidad Educativa San Rafael	783277	9966087	2500
13	Alondra y Diuca	784354,62	9961890,87	2548
14	American Basic	784973,99	9962040,35	2550
15	Anatoly Lunacharsky	782789,69	9966708,94	2466
16	Ardillitas del Valle	784245,69	9962721,69	2530
17	Carmen Gaibor de Gonzales	787298,43	9958828,74	2660
18	Carrusel de Niños	788607,23	9957522,84	2836
19	Casita de Juegos	786166,92	9961540,58	2543
20	CDI Daniel Goleman	785364,13	9964303,29	2515
21	CDI Miguel de Cervantes	785848,6	9963643,79	2556
22	CDI Municipal Gotitas de Amor	784597,74	9963350,28	2509
23	CEI. Happy Children	784904,89	9962001,53	2540
24	Celestin Freinet del Valle	783728,1	9963421,3	2495
25	Charles Babbage	783751,41	9962552,13	2522
26	Darío Figueroa Larco	784590,77	9963418,03	2507
27	Dr. Carlos Cadena	784350,77	9962676,85	2528
28	Dr. Carlos Larco Hidalgo	784334,34	9963718,1	2502
29	ECO. José Mocanda Sánchez	783751,41	9962552,13	2522
30	Educar 2000	785347,08	9961671,17	2539
31	Franciscana la Inmaculada	783766,02	9963670,03	2504
32	Galileo Galilei	786606,12	9959886,39	2604
33	George Mason	783297,56	9966339,71	2470
34	Gotitas del Saber	782028,77	9962219,21	2517
35	Henry Dunant	783962,63	9965087,21	2486
36	Home Sweet Home	784223,02	9963688,99	2513
37	Inés Gangotena Jijón	784689,28	9960802,52	2575
38	Instituto Particular de Educación Especial Virgen de la Merced	783722,42	9965253,78	2483
39	Jacinto Jijón y Caamaño	785175,13	9962650,44	2521
40	Juan Montalvo	783939,79	9963384,44	2509
41	La Pájara Pinta	783674,99	9965410,62	2480
42	Leónidas García	788527,88	9957866,26	2813
43	Leopoldo Mercado	784475,03	9963589,95	2503
44	Liceo Juan Mantovani	783751,41	9962552,13	2522
45	Madre de la Divina Gracia	783131,49	9966719,06	2463
46	Maslow	784070,12	9962782,41	2526
47	Mi Aldea Feliz	783869,06	9962812,96	2521
48	Mundo de Juguete	782441,51	9964569,09	2492

49	Mundo Infantil	784430,45	9961694,58	2554
50	Nuevo Mundo en las Manos de Dios	783635,29	9964160,16	2491
51	Oswaldo Guayasamín	785194,56	9959856,68	2608
52	Pequeños Exploradores	785238,24	9961047,66	2569
53	Ramon González Artigas	786068,51	9961748,62	2535
54	Roma Kids	783881,89	9964933,51	2488
55	Rotary Club Fe Y Alegría	786982,94	9959350,34	2633
56	San José de Capelo	783148,86	9965866,81	2477
57	Semillitas de Vida	784715,32	9964199,47	2513
58	Sweet Steps	783466,15	9965314,34	2780
59	Telmo Hidalgo Díaz	781609,12	9963608,57	2502
60	Timoteo	782421,13	9965751,17	2471
61	U.E. Rumiñahui	784355,38	9963388	2519
62	Vicente Aguirre	782641,34	9964754,97	2484

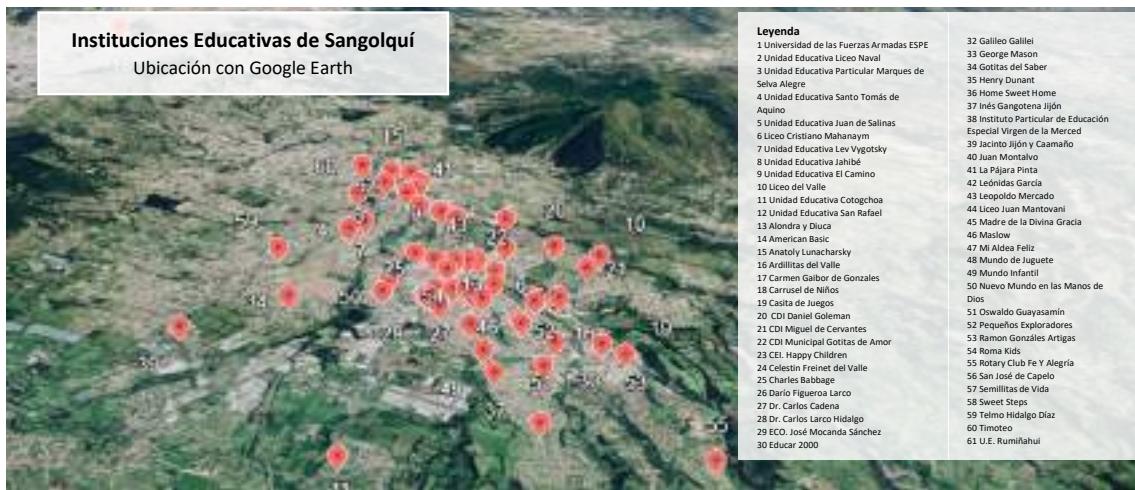


Figura 20. Mapa de instituciones educativas seleccionadas en Sangolquí

Para cada una de las instituciones educativas mencionadas anteriormente, se llevó a cabo el cálculo de la vulnerabilidad por edificio, vulnerabilidad total de la institución y su categorización en base al riesgo global. Los resultados obtenidos para cada institución se detallan a continuación.

2.1 Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE



Figura 21. Campus de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en Sangolquí

Tabla 46. Datos generales de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

DATOS GENERALES

Nombre :	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE		
Dirección:	Av. Gral. Rumíñahui S/N, Sangolquí 171103		
Coordenadas	Este	784678.30	Norte 9965165.30
Fecha de evaluación :	25 y 26 de Sep 2023		Nº de Edificios: 27
Cota de Construcción aproximada	2499	m.s.n.m	Jornada: Matutina / Vespertina

Tabla 47. Listado de edificios de la infraestructura principal de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Cód. #pis.	Dependencias y Descripción	Evidencia
E1 (2)	Construcción en el año 1994. Estructura de hormigón armado (C3). No presenta juntas en la edificación. Presenta esquinas reentrantas. No existen presencias de patologías en elementos estructurales. Estado de la edificación y cubierta buena. Se identifican elementos de inclusividad implementados.	
E2 (2)	Construcción en el año 1996. Estructura de hormigón armado (C3). Fisuras en losas y fracturas en paredes. Estado de la edificación y cubierta buena. Se identifican elementos de inclusividad implementados.	

E3 (2)	Construcción en el año 2002. Estructura de hormigón armado (C3). Fisuras en losas y fracturas en paredes. Estado de la edificación y cubierta buena. Se identifican elementos de inclusividad implementados.	
E4 (2)	Construcción en el año 1995. Estructura de hormigón armado (C3). Presencia de juntas entre edificación y escaleras. Fisuras en losas y fracturas Horizontales en paredes. Estado de la edificación y cubierta buena. Se identifican elementos de inclusividad implementados.	
E5 (2)	Construcción en el año 1995. Estructura de hormigón armado (C3). Presencia de juntas entre edificación y escaleras. Fisuras en losas y fracturas Horizontales en paredes. Estado de la edificación y cubierta buena. Se identifican elementos de inclusividad implementados.	
E6 (4)	Construcción en el año 2002. Estructura de hormigón armado (C3). Presencia de juntas entre edificación y escaleras mayores a 5 cm. Ampliaciones de los bloques de aulas con estructura metálica. Fisuras en losas y fracturas verticales en paredes. Estado de la edificación y cubierta buena. Se identifican elementos de inclusividad implementados.	
E7 (2)	Construcción en el año 1995. Estructura de hormigón armado (C3). Presencia de juntas entre edificación y escaleras mayores a 5 cm. Ampliaciones de los bloques de aulas con estructura metálica. Fisuras en losas y fracturas verticales en paredes. Estado de la edificación y cubierta buena. Se identifican elementos de inclusividad implementados.	
E8 (2)	Construcción del año 1997 tipo C3, presenta patologías en columnas y grietas en las paredes y humedad localizada en la parte baja de la edificación, el estado de conservación de la edificación y su cubierta es bueno. Sus elementos no estructurales exteriores tienen una adecuada colocación y sus elementos no estructurales interiores presentan una regular colocación.	
E9 (2)	Construcción del año 1996 en hormigón armado ,enti segun la FEMA P-1000 construcción C3, presenta grietas y fisuras en columnas,vigas y losas, ademas de grietas horizontales en la fachada de la edificación. El estado de conservación de la edificación y su cubierta es bueno.	

E10 (1)	Construcción del año 2001 ,tipo de construcción C3, presenta gritas en vigas y columnas, ademas de grietas en esquinas de ventanas y puertas. El estado de conservación de la edificación y su cubierta es regular.	
E11 (2)	Construcción del año 1995 en hormigon armado, categorizandola según la FEMA P-1000 comp tipo C3, presenta irregularidades en planta patologías en losa y humedad en pareds, ademas su estado de conservación es bueno.	
E12 (4)	Construcción en 1994 con una ampliación en 2007, presenta patologías en todos sus elementos estructurales, la conservación de la edificación es regular y el de su cubierta es bueno.	
E13 (1)	Construcción del año 1994 en hormigón armado (C3),presenta patologías en en columnas, vigas,losas y paredes . Los elementos no estructurales interiores presentan una adecuada colocación,el estado de conservación de la edificación es bueno y el de su cubierta es regular.	
E14 (1)	Construcción del año 2010 ,tipo de construcción C3 según la FEMA P-1000 , presenta patologías en vigas ,losas y parrdes ,sus elementos no estructurales tienen una adecuada colocación y el estado de conservación de la edificación y su cubierta es bueno.	
E15 (6)	Construcción del año 2007,tipo de edificación C3 según la FEMA P-1000 ,presenta ampliaciones horizontale ademas de patologías en vigas y paredes	
E16 (3)	La Biblioteca Alejandro Segovia inicio sus labores el 15 de junio del 2001 , presenta patologías en todos sus elementos estructurales,el estado de conservación de la edificación es bueno , mientras que el de su cubierta es regular	
E17 (1)	Construcción del año 2008 ,tipo C3 , según la FEMA P-1000 ,presenta patologias GC en todps sus elementos estructurales,el estado de conservación de	

	la edificación y su cubierta es regular	
E18 (3)	(Dormitorio) : (Oficinas)La estructura es de hormigon armado C3, con edificios adyacentes susceptible a golpeteo, ademas posee esquinas reentrantes con ampliacion horizontal, asi mismo posee patologias en vigas, columnas, paredes y losa por humedad, la conservacion de la edificacion es buena asi como su cubierta.	
E19 (3)	(Dormitorios) : (Comedor)La estructura es de hormigon armado C3, con edificios adyacentes susceptible a golpeteo, ademas posee esquinas reentrantes con ampliacion horizontal, asi mismo posee patologias en vigas, columnas, paredes y losa por humedad, la conservacion de la edificacion es buena asi como su cubierta.	
E20 (3)	(Dormitorios) : (Oficinas)La estructura es de hormigon armado C3, con edificios adyacentes susceptible a golpeteo, ademas posee esquinas reentrantes con ampliacion horizontal, asi mismo posee patologias en vigas, columnas, paredes y losa por humedad, la conservacion de la edificacion es buena asi como su cubierta.	
E21 (3)	(Dormitorios) : (Oficinas)La estructura es de hormigon armado C3, con edificios adyacentes susceptible a golpeteo, ademas posee esquinas reentrantes con ampliacion horizontal, asi mismo posee patologias en vigas, columnas, paredes y losa por humedad, la conservacion de la edificacion es buena asi como su cubierta.	
E22 (1)	(Oficinas) La estructura es de ladrillo, hormigon y madera MX, ademas posee esquinas reentrantes no posee ampliacion horizontal ni vertical, asi mismo posee patologias paredes por humedad, la conservacion de la edificacion es muy buena asi como su cubierta.	
E23 (1)	(Oficinas) La estructura es de hormigon armado C3, ademas posee esquinas reentrantes abertura de diafragmas, asi mismo posee patologias en vigas, columnas, paredes y losa por humedad, la conservacion de la edificacion es buena asi como su cubierta.	

E24 (1)	(Coliseo) La estructura es de hormigon armado C3, ademas posee abertura en diafragmas, asi mismo posee patologias en vigas, columnas, paredes y losa por humedad, la conservacion de la edificacion es buena asi como su cubierta.	
E25 (1)	(Coliseo) La estructura es una estructura mixta de hormigon armado y acero (MX), ademas posee esquinas reentrantes con ampliacion horizontal, asi mismo posee patologias en vigas tipo I, columnas y paredes por humedad, la conservacion de la edificacion es buena asi como su cubierta.	
E26 (3)	(Laboratorios) La edificacion es una estructura mixta de hormigon armado y acero (MX), ademas posee esquinas reentrantes, asi mismo posee patologias en vigas, columnas tipo I, la conservacion de la edificacion es buena asi como su cubierta.	
E27 (1)	(Garita)La estructura es de hormigon armado C3, asi mismo posee patologias en vigas, columnas, paredes y losa por humedad, la conservacion de la edificacion es buena asi como su cubierta.	

Tabla 48. Evaluación de los edificios de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Edificio	Uso	V	Elemento de Terreno	V Total
E1	Laboratorios	62,57	Alta	5
E2	Laboratorios	62,60	Alta	5
E3	Laboratorios	38,27	Baja	5
E4	Laboratorios	61,81	Alta	5
E5	Laboratorios	61,70	Alta	5
E6	Aulas	39,30	Baja	5
E7	Laboratorios	62,74	Alta	5
E8	Oficinas	69,62	Alta	5
E9	Comedor	71,34	Alta	5
E10	Comedor	37,00	Baja	3
E11	Labotratorios	63,57	Alta	4
E12	Aulas	65,08	Alta	6
E13	Bodega	61,41	Alta	2
E14	Oficina	36,00	Baja	3
E15	Oficinas	38,29	Baja	6
E16	Aulas	38,00	Baja	6
E17	Enfermeria	37,75	Baja	5
E18	Dormitorio	63,35	Alta	5
E19	Dormitorios	63,35	Alta	5
E20	Dormitorios	64,25	Alta	5
E21	Dormitorios	64,25	Alta	5
E22	Oficinas	59,11	Media	5
				55,01

E23	Oficinas	60,04	Alta	4	1,85
E24	Coliseo	60,15	Alta	6	2,78
E25	Coliseo	59,90	Media	6	2,76
E26	Laboratorios	26,06	Baja	6	1,20
E27	Oficinas	59,79	Media	3	1,38

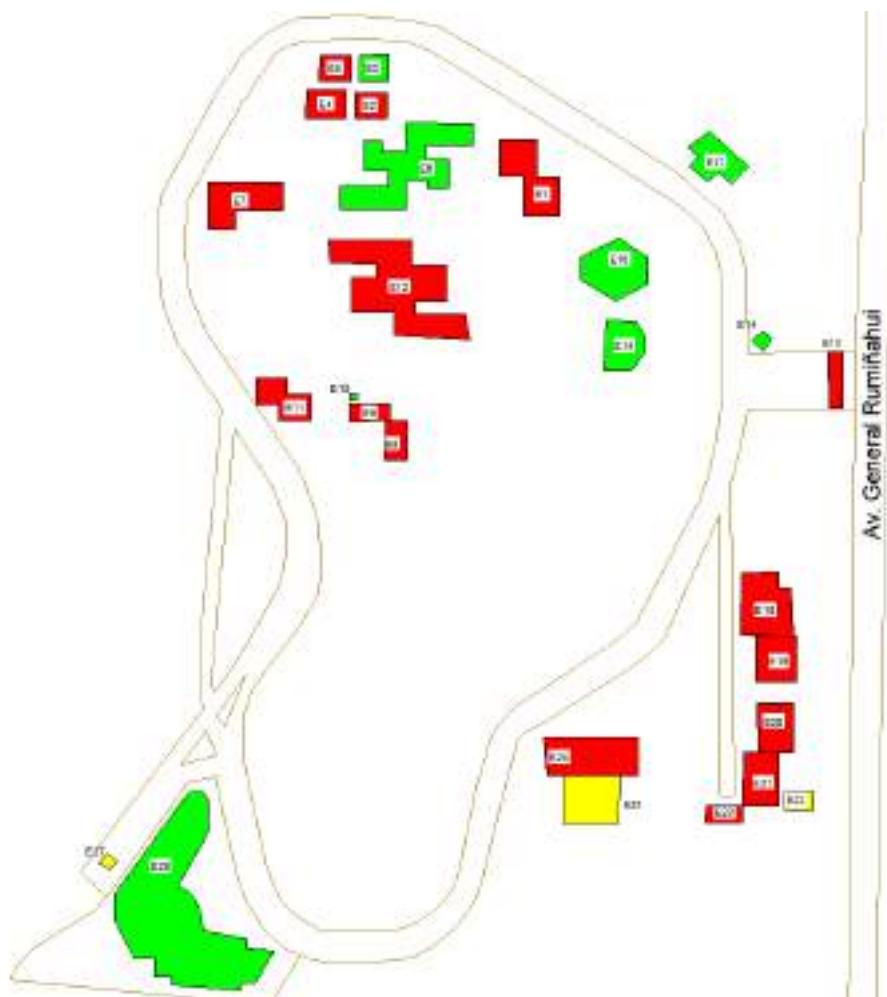


Figura 22. Esquema de Vulnerabilidad de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. La figura muestra el esquema de vulnerabilidad medio y bajo de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

De los 27 edificios que forman parte de la universidad, se ha determinado que ningún edificio supera los 60 puntos de vulnerabilidad.

Tabla 49. Capacidad de respuesta de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Capacidad de Respuesta [Cr= 63.2]			
60 < Cr < 80	Alto	Mantener el POE. Reuniones esporádicas	X
40 < Cr < 60	Medio	Reformular aspectos relevantes POE	
20 < Cr < 40	Bajo	Reformular completamente o crear POE	

Tabla 50. Riesgo Global de la de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Coeficiente de Capacidad	Riesgo Global	Categoría
$Si Cr \leq 50 \rightarrow C = \frac{(Cr + 100) * (V + 240)}{48000}$	$Rg = \frac{V_{total}}{C} * NE$	D
$Si Cr > 50 \rightarrow C = \frac{(Cr + 100) * (170 - V)}{13500}$	X	NE = 1
C = 1,07		Estimación del riesgo global alto Rg = 33,34

2.2 Vulnerabilidad de las edificaciones de las Unidades Educativas de Sangolquí

Para las 61 unidades educativas restantes se realizó el mismo procedimiento detallado previamente, dando lugar a los resultados que se presentan a continuación.

Unidad Educativa Liceo Naval

Tabla 51. Datos generales de la Unidad Educativa Liceo Naval

DATOS GENERALES	
Nombre de la Unidad Educativa seleccionada: Liceo Naval	
Ubicación: Pasaje el Prado N1-192 y, Quito 170156	
Coordenadas: Este: 782376,6	
Norte: 9966986,7	
Cota de construcción aproximada promedio: 2550 m	
Número de edificios: 11	

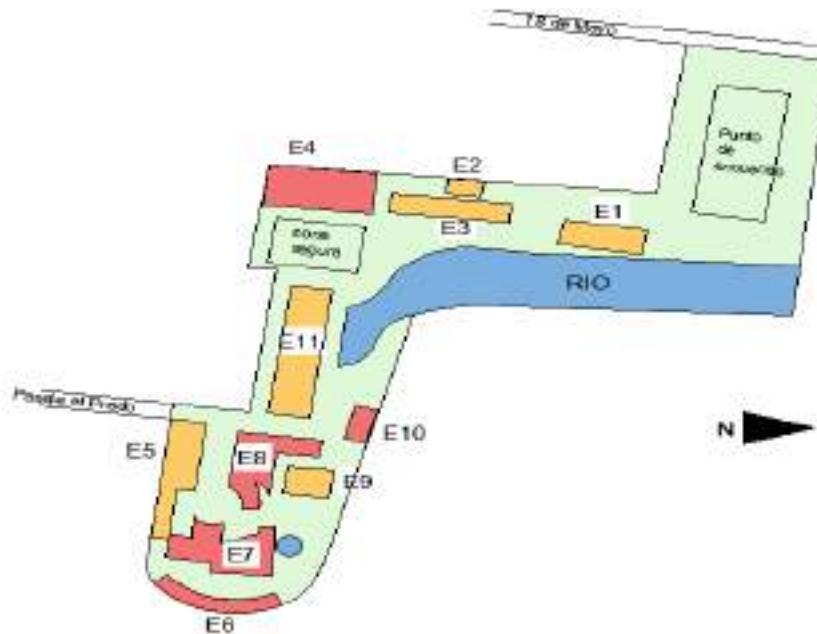


Figura 23. Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad Educativa Liceo Naval

Tabla 52. Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa Liceo Naval

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1(1)	(1) Aulas preescolares La construcción de esta estructura data de más de 20 años es de hormigón armado y mampostería de ladrillo, pertenece a la clase C3 de FEMA y no pose edificaciones adyacentes.	
E2 (1)	(1) Bar, comedor primario La construcción de esta estructura data de no más de 15 años, pertenece a la clase S5 de FEMA, pose edificaciones adyacentes, tiene una cubierta de 2 aguas, se observa ampliación horizontal.	
E3(1)	(1) Aulas primarias La construcción de esta estructura data de más de 20 años es de hormigón armado y mampostería de ladrillo pertenece a la clase C3 de FEMA no pose edificaciones adyacentes.	

E4(1)	(1) Coliseo Data de no más de 15 años, pertenece a la clase S5 de FEMA P-154, pose edificaciones adyacentes, se observa ampliación horizontal con un diferente sistema constructivo con diferentes plantas.	
E5(1)	(1) Aulas primaria lugar de entrada El año de construcción 1987, diseño de acuerdo al CEC77. Bloque estructural de un piso, y ocho aulas para uso de laboratorios de computación e inspección, el tipo de edificio identificado según la FEMA P-154 (2015) pertenece a clase C3.	
E6(1)	(1) Talleres Data de más de 20 años es de hormigón armado y mampostería de ladrillo, pertenece a la clase URM de FEMA y no pose edificaciones adyacentes pudiendo causar problemas de golpeteo	
E7(2)	(1) Capilla, teatro, club social Rectorado Estructura construida en el año 1987, con 2 pisos, distribuidas en áreas de uso social, club de Teatro, Oficinas de Rectorado y laboratorios de física como química. El tipo de Edificio considera según la FEMA P-154 clase C3.	
E8(2)	(1) Administrativo, secretaría (2) Vicerrectorado Dos pisos construidos en la etapa de transición sin un diseño sismo resistente, estructura tipo C3 de acuerdo a la FEMA P-154, por su configuración puede presentar problemas de torsión debido a la irregularidad en planta existente, se ha implementado rampas y pasamanos para salvar el desnivel.	
E9 (1)	(1) Piscina para deportes acuáticos Es una estructura tipo S3, estructura metálica, de acuerdo a la FEMA P-154, su construcción se realizó después del 2001, con la normativa CEC 2000. De acuerdo a su configuración y distribución, no presenta problemas de golpeteo o alguna estructura externa que pueda ocasionar daños adyacentes.	

E10(2)	(1) Cocina, sala, comedor (2) Habitaciones Su construcción data el año 2000, por lo cual tiene la normativa CEC77, es una estructura tipo C3 según FEMA P-154; presenta irregularidades en planta y elevación, cubiertas inclinadas, las principales patologías existentes son fisuras en algunas esquinas de ventanas y humedad en las paredes.	
E11(1)	(1) Aulas de Secundaria: 8vo y 9no año Es una estructura tipo C3 de acuerdo a FEMA P-154, construida después del 2001 de acuerdo a la normativa CEC 2000, no presenta edificios adjuntos que puedan ocasionar condición de golpeteo.	

Tabla 53. Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Liceo Naval

CAPACIDAD DE RESPUESTA		Cr = 63,20
60 < CR ≤ 80	Alto	Mantener el POE. Reuniones esporádicas X
40 < CR ≤ 60	Medio	Reformular aspectos relevantes POE
20 < CR ≤ 40	Bajo	Reformular completamente o crear POE

RESULTADOS LEVANTAMIENTO 1:

Tabla 54. Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa Liceo Naval

Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V Total
E1	Aulas preescolar	37,47	4	149,89	
E2	Bar, comedor primaria	26,86	4	107,46	
E3	Aulas primaria	32,36	4	129,46	
E4	Coliseo, deportes	37,86	6	227,19	
E5	Aulas primaria	35,46	4	141,83	
E6	Talleres, laboratorios	60,83	1	60,829	43,84
E7	Capillas, laboratorios	65,11	6	390,69	
E8	Oficinas administrativas	65,01	4	260,03	
E9	Piscina, deportes acuáticos	33,05	4	132,2	
E10	viviendas	60,08	4	240,31	
E11	Aulas secundaria	33,26	4	33,06	
SUMA		487,4	45	1972,9	

EDIFICIOS EVALUADOS POR FEMA P-154

Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V Total
Edificación	Uso	V	Riesgo de colapso		
E6	Talleres, laboratorios	60,83	63 %		
E7	Capillas, laboratorios	65,11	50%		
E8	Oficinas administrativas	65,01	50%		
E10	Viviendas	60,08	50%		

Tabla 55. Riesgo global de la unidad Educativa Liceo Naval

Coeficiente de Capacidad	RIESGO GLOBAL	CATEGORÍA DE LA U.E.
$si \ Cr \leq 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (V+240)}{48000}$	$Rg = \frac{VTotal}{C} \times NE$	B
$si \ Cr > 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (170-V)}{13500}$	NE = 1	Riesgo global moderado
$C = 1,52$	$Rg = 28,75$	

RESULTADOS LEVANTAMIENTO 2:

Tabla 56. Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa Liceo Naval

Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V Total
E1	Aulas preescolar	35,67	5	178,35	
E2	Bar, comedor primaria	27,40	4	109,62	
E3	Aulas primaria	35,17	5	175,85	
E4	Coliseo, deportes	39,41	6	236,48	
E5	Aulas primaria	35,31	4	141,25	
E6	Talleres, laboratorios	60,82	1	60,82	43,40
E7	Capillas, laboratorios	63,82	5	319,10	
E8	Oficinas administrativas	64,97	4	259,88	
E9	Piscina, deportes acuáticos	33,26	4	133,05	
E10	Viviendas	60,32	4	241,31	
E11	Aulas secundaria	35,17	4	133,06	
SUMA		491,36	46	1996,464	

EDIFICIOS EVALUADOS POR FEMA P-154

Edificación	Uso	V	Riesgo de colapso
-------------	-----	---	-------------------

Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V Total
E6	Talleres, laboratorios	60,82	63 %		
E7	Capillas, laboratorios	63,82	50%		
E8	Oficinas administrativas	64,97	50%		
E10	Viviendas	60,32	50%		

Tabla 57. Riesgo global de la unidad Educativa Liceo Naval

Coeficiente de Capacidad	RIESGO GLOBAL	CATEGORÍA DE LA U.E.
si $Cr \leq 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (V+240)}{48000}$	$Rg = \frac{VTotal}{C} \times NE$	B
si $Cr > 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (170-V)}{13500}$	NE = 1	Riesgo global moderado
C = 1,5304	Rg = 28,359	

El levantamiento 3 es similar al 2, por lo tanto no se ha colocado. A continuación se muestra una tabla comparativa con los resultados de los 3 levantamientos de información:

Tabla 58. Comparaciones entre los resultados hallados en las evaluaciones de la Unidad Educativa Liceo Naval

No. Levantamiento	Vulnerabilidad Total	Riesgo global	CATEGORÍA
1	43,84	28,75	B
2	43.40	28,36	B
3	43.55	28.56	B

Unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre

Tabla 59. Datos generales de la Unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre

DATOS GENERALES	
Nombre de la Unidad Educativa seleccionada: Marqués de Selva Alegre	
Ubicación: Calle 11 de Abril y 12 de Febrero, Esquina, Sangolquí 171103	
Coordinadas: Este: 0784989 Norte: 9962107	
Cota de construcción aproximada promedio: 2554 m	
Número de edificios: 6	

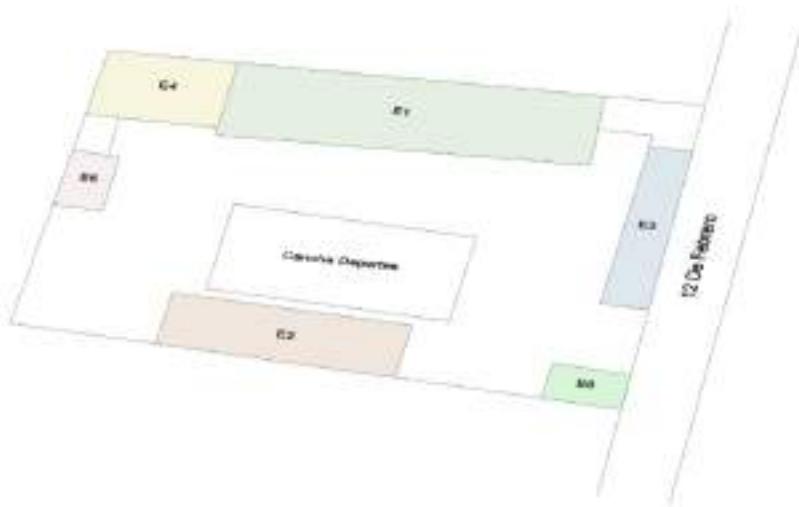


Figura 24. Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre

Tabla 60. Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1(3)	<p>(1) Aulas de clase y laboratorio (2) Aulas de clase y laboratorio (3) Aulas de clase</p> <p>La construcción se realizó en el 2006, el material predominante es hormigón armado, se evidencia vigas descolgadas, se categoriza en C1 de acuerdo a la FEMA.</p> <p>Tiene un aula adyacente</p>	
E2 (1)	<p>(1) Graderío</p> <p>La obra civil no tiene más de 5 años, es de hormigón armado y con cubierta metálica, de acuerdo a FEMA es de tipo MX.</p> <p>En los últimos años ha sido ampliada horizontalmente y no tiene estructuras adyacentes.</p>	
E3(1)	<p>(1) Oficinas y baños</p> <p>Las instalaciones no tienen más de 15 años, presentan mampostería de bloque, vigas de madera y cubierta metálica, de acuerdo a FEMA es de tipo MX.</p>	

E4(1)	(1) Biblioteca y aulas Data de 10 años es estructura metálica las vigas, columnas y cubierta, la mampostería es de bloque, se considera como tipo S3. Tiene a sus lados construcciones adyacentes.	
E5(1)	Salón de reuniones La infraestructura tiene más de 10 años, la mampostería es de bloque sin reforzamiento y tiene cubierta metálica; categoría C3 según FEMA. Mantenimiento bueno, no se evidencia humedad, ni desprendimiento de mortero.	
E6(1)	Bar La estructura es de hormigón armado, la mampostería no es reforzada, por tanto, es de tipo C3 de acuerdo a FEMA-154. En su exterior tiene viseras de policarbonato, no tiene otras edificaciones adyacentes.	

Tabla 61. Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre

CAPACIDAD DE RESPUESTA		Cr = 75.2
60 < CR ≤ 80	Alto	Mantener el POE. Reuniones esporádicas X
40 < CR ≤ 60	Medio	Reformular aspectos relevantes POE
20 < CR ≤ 40	Bajo	Reformular completamente o crear POE

RESULTADOS LEVANTAMIENTO 1:

Tabla 62. Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre

Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V Total
E1	Bodegas, Aulas, Laboratorio de computación	34.96	6	209.74	
E2	Graderío	31.15	6	186,90	
E3	Dirección, Inspección, Secretaría	36.46	3	109,37	
E4	Biblioteca	37.05	4	148,20	

Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V Total
E5	Familia UEMSA	35.04	4	140,14	34.58
E6	Bar	35.10	2	70,20	
	SUMA	209.75	25	864.56	

Tabla 63. Riesgo global de la unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre

Coeficiente de Capacidad	RIESGO GLOBAL	CATEGORÍA DE LA U.E.
$si \ Cr \leq 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (V+240)}{48000}$	$Rg = \frac{VTotal}{C} \times NE$	B
$si \ Cr > 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (170-V)}{13500}$	NE = 1	Riesgo global moderado
C = 1,757	Rg = 19.678	

Para esta Unidad educativa se realizaron dos levantamientos de datos, los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 64. Comparaciones entre los resultados hallados en las evaluaciones de la Unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre

No. Levantamiento	Vulnerabilidad Total	Riesgo global	CATEGORÍA DE LA U.E.
1	34.58	19.68	B
2	34,61	18,11	B

Unidad Educativa Santo Tomás de Aquino

Tabla 65. Datos generales de la Unidad Educativa Santo Tomás de Aquino

DATOS GENERALES	
Nombre de la Unidad Educativa seleccionada: Santo Tomás de Aquino	
Ubicación: San Pedro de Taboada 170502 Sangolquí, Ecuador	
Coordenadas: Este: 782477,4 Norte: 9964538,7	
Cota de construcción aproximada promedio: 2550 m	
Número de edificios: 4	

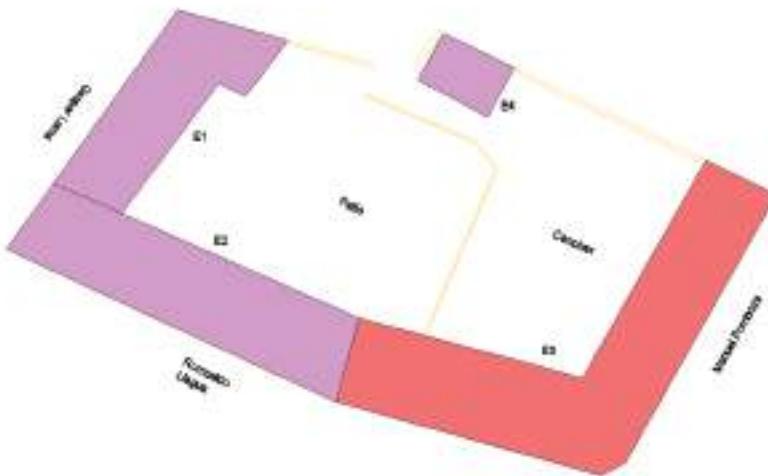


Figura 25. Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad Educativa Santo Tomás de Aquino

Tabla 66. Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa Santo Tomás de Aquino

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1(2)	<p>(1) Oficinas y aulas de educación inicial. (2) Oficinas, secretaría, y 1ro a 3er EGB</p> <p>La construcción de esta estructura data de menos de 20 años es de hormigón armado y mampostería de ladrillo, pertenece a la clase C3 de FEMA P-154 y no pose edificaciones adyacentes aunque si irregularidad en planta.</p>	 
E2 (2)	<p>(1) Baños, aulas 4to EGB (2) Aulas 5to a 7mo EGB</p> <p>La construcción data de menos de 20 años es de hormigón armado y mampostería de ladrillo, pertenece a la clase C3 de FEMA P-154, tiene un problema de golpeteo por el edificio adyacente.</p>	
E3(3)	<p>(1) Baños, aulas 8vo a 10 mo EGB (2) Laboratorios, Anfiteatro, Sala de música, aulas de 10mo EGB (3) Aulas de 1ro a 3ro de BGU (Bachillerato General Unificado)</p> <p>La construcción data de menos de 20 años es de hormigón armado con muros de corte y mampostería de ladrillo, pertenece a la clase C2 de FEMA P-154.</p>	 

E4(2)	<p>(1) Cocina, despensa de Bar, baño (2) Enfermería, Bodega</p> <p>Data de menos de 20 años es de hormigón armado y mampostería de ladrillo, pertenece a la clase C3 de FEMA P-154.</p> <p>Es una estructura tipo C3 de acuerdo a FEMA P-154, construida después del 2001 de acuerdo a la normativa CEC 2000, no presenta edificios adjuntos que puedan ocasionar condición de golpeteo.</p>	 
-------	--	---

Tabla 67. Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Santo Tomás de Aquino

CAPACIDAD DE RESPUESTA		Cr = 66,4
60 < CR ≤ 80	Alto	Mantener el POE. Reuniones esporádicas
40 < CR ≤ 60	Medio	Reformular aspectos relevantes POE
20 < CR ≤ 40	Bajo	Reformular completamente o crear POE

Tabla 68. Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa Santo Tomás de Aquino

Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V Total
E1	Edificio administrativo, oficinas	39,84	5		199,21
E2	Aulas primaria	41,5	6		249
E3	Aulas secundaria	34,56	6		207,34
E4	Bar, comedor	35,17	4		140,69
	SUMA	151,1	21		796,24

EDIFICIOS EVALUADOS POR FEMA P-154

Edificación	Uso	V	Riesgo de colapso
E2	Aulas primaria	41,5	63 %

Tabla 69. Riesgo global de la unidad Educativa Santo Tomás de Aquino

Coeficiente de Capacidad	RIESGO GLOBAL	CATEGORÍA DE LA U.E.
si $Cr \leq 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (V+240)}{48000}$	$Rg = \frac{V_{Total}}{C} \times NE$	B
si $Cr > 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (170-V)}{13500}$	NE = 1	Riesgo global moderado
$C = 2,095$	$Rg = 18,095$	

Unidad Educativa Juan de Salinas

Tabla 70. Datos generales de la Unidad Educativa Juan de Salinas

DATOS GENERALES	
Nombre de la Unidad Educativa seleccionada: Juan de Salinas	
Ubicación: Av. Juan De Salinas S/N Vía Selva Alegre, Sangolquí.	
Coordenadas: Este: 785177 Norte: 9962879,7	
Cota de construcción aproximada promedio: 2550 m	
Número de edificios: 13	

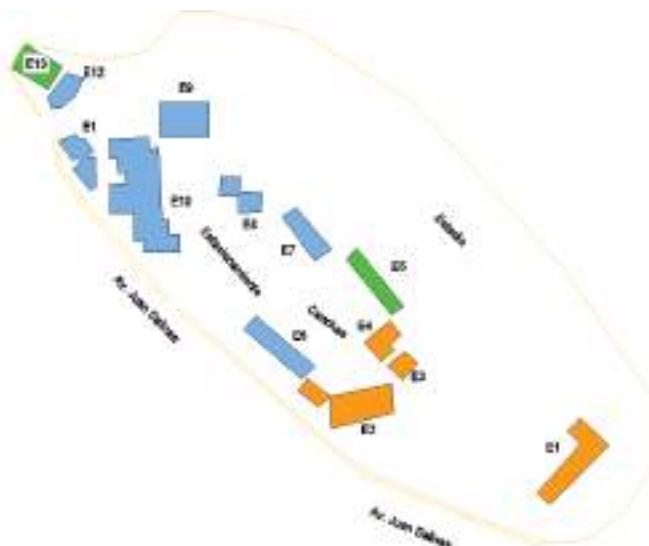


Figura 26. Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad Educativa Juan de Salinas

Tabla 71. Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa Juan de Salinas

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1(1)	(1) Aulas, baños, salón de educación física preescolar La construcción data desde hace menos de 10 años, creadas para abastecer la unidad educativa, es una estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada, S5 según FEMA P-154 y posee irregularidad en planta.	

E2 (1)	<p>(1) Laboratorio de mecánica, control, electricidad y electrónica.</p> <p>La construcción data desde hace menos de 10 años, creadas para abastecer la unidad educativa, es una estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada, S5 según FEMA P-154 y posee irregularidad en planta.</p>	 
E3(1)	<p>(1)Bar, comedor</p> <p>La construcción data de alrededor de 10 años, es de hormigón armado y mampostería de ladrillo pertenece a la clase C3 de FEMA P-154 y no posee edificaciones adyacentes.</p>	
E4(1)	<p>(1) Aulas 2do EGB</p> <p>Data de no más de 10 años, pertenece a la clase S5 de FEMA P-154, posee una torre de agua adyacente pero no causa complicaciones durante un sismo.</p>	
E5(1)	<p>(1) Cubierta graderío central</p> <p>Esta estructura es reciente, construida de acuerdo al CEC 2000, según la FEMA P-154 (2015) pertenece a clase S3, con una correcta aplicación de anclajes en la parte inferior.</p>	
E6(1)	<p>(1) Aulas Educación Inicial I y II</p> <p>Data de menos de 10 años, es de hormigón armado y mampostería de ladrillo, pertenece a la clase C3 de FEMA P-154 y tiene una configuración muy alargada en planta.</p>	
E7(2)	<p>(1) Aulas 3ro a 4to EGB , baños</p> <p>(2) Aulas 5to a 7mo EGB</p> <p>Estructura construida hace no más de 10 años, se considera según la FEMA P-154 clase C3, no presenta estructuras adyacentes que puedan causar problemas de golpeteo además es regular en planta y elevación.</p>	

E8(1)	(1) Laboratorio de química, laboratorio de física Estructura tipo C3 de acuerdo a la FEMA P-154, es una estructura regular y no presenta problemas externos de golpeteo.	
E9 (1)	(1) Enfermería, baños estudiantes, baños docentes, bodegas Es una estructura tipo C3, estructura de hormigón armado, de acuerdo a la FEMA P-154, su construcción se realizó después del 2001, con la normativa CEC 2000, no presenta problemas de golpeteo.	
E10(2)	(1) Aulas 8vo a 10mo EGB , baños (2) Aulas 1ro a 3ro de BGU, baños Su construcción data de hace 70 aproximadamente, es una estructura tipo C3 según FEMA P-154; presenta irregularidades en planta y elevación, las principales patologías existentes son fisuras en vigas y losas, además de humedad en las paredes.	
E11(1)	(1) Secretaría, Inspección, bodega (2) Rectorado, sala de juntas Es una estructura tipo C3 de acuerdo a FEMA P-154, Su construcción data de hace 70 aproximadamente, tiene una losa contigua que puede ocasionar problemas de golpeteo a futuro.	
E12(1)	(1) Consejería estudiantil, psicología. Su construcción data después del año 2001, por lo cual tiene la normativa CEC2000, es una estructura tipo C3 según FEMA P-154; presenta irregularidades en planta, cubiertas inclinadas, las principales patologías existentes son fisuras y humedad en las paredes.	

E13(1)	(1) Coliseo Su construcción data después de hace menos de 10 años, es una estructura de hormigón armado tipo C3 según FEMA P-154 con una gran cubierta inclinada de perfiles de acero, no presenta patologías visibles.	
--------	--	--

Tabla 72. Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Juan de Salinas

CAPACIDAD DE RESPUESTA		Cr = 65,60
60 < CR ≤ 80	Alto	Mantener el POE. Reuniones esporádicas
40 < CR ≤ 60	Medio	Reformular aspectos relevantes POE
20 < CR ≤ 40	Bajo	Reformular completamente o crear POE

Tabla 73. Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa Juan de Salinas

VULNERABILIDAD TOTAL					
Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V Total
E1	Aulas preescolar	Av	5	180,68	
E2	Laboratorios	35,7	5	178,5	
E3	Bar, comedor	35,78	4	143,11	
E4	Aulas primaria	38,73	4	154,91	
E5	Cubierta graderío	32,59	6	195,51	
E6	Aulas educación inicial	37,06	6	222,39	41,67
E7	Aulas primaria	36,28	6	217,67	
E8	Laboratorios	35,17	5	175,86	
E9	Enfermería y bodegas	36,67	6	220,03	
E10	Aulas secundaria y Bachillerato	72,98	5	364,89	
E11	Administración, oficinas	76,94	5	384,71	
E12	Oficinas concejería estudiantil	36,81	4	147,26	
E13	Coliseo	34,42	6	206,53	
SUMA		545,30	67	2792,1	

EDIFICIOS EVALUADOS POR FEMA P-154

Edificación	Uso	V	Riesgo de colapso
E10	Aulas secundaria y Bachillerato	72,98	50 %

E11	Administración, oficinas	76,90	50%
------------	--------------------------	-------	-----

Tabla 74. Riesgo global de la unidad Educativa Juan de Salinas

Coeficiente de Capacidad	RIESGO GLOBAL	CATEGORÍA DE LA U.E.
si $Cr \leq 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (V+240)}{48000}$	$Rg = \frac{V_{Total}}{C} \times NE$	B
si $Cr > 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (170-V)}{13500}$	NE = 1	Riesgo global moderado
$C = 2,09$	Rg = 19,98	

Unidad Educativa Liceo Cristiano Mahanaym

Tabla 75. Datos generales de la Unidad Educativa Liceo Cristiano Mahanaym

DATOS GENERALES	
Nombre de la Unidad Educativa seleccionada: Mahanaym	
Ubicación: Av. Atahualpa y Pasaje Collahuazo (detrás del Monumento a Rumiñahui)	
Coordenadas: Este: 0784517 Norte: 9962994	
Cota de construcción aproximada promedio: 2530 m	
Número de edificios: 5	

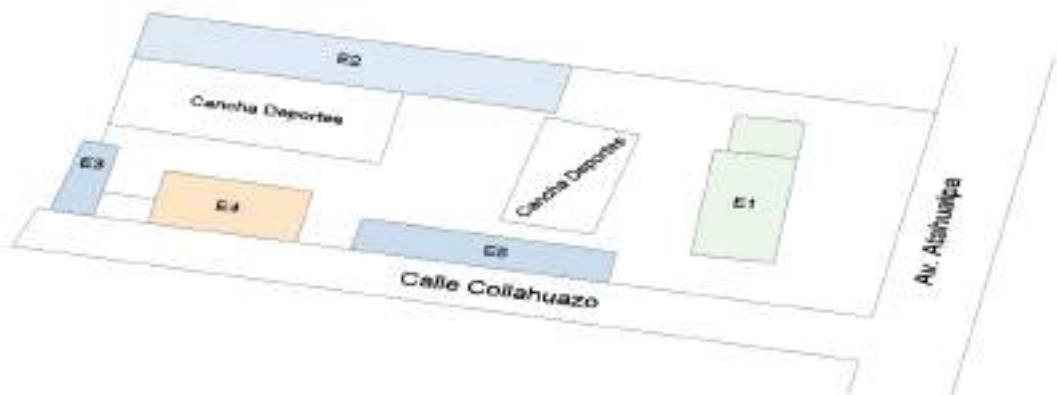


Figura 27. Croquis de la Unidad Educativa Liceo Cristiano Mahanaym

Tabla 76. Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa Liceo Cristiano Mahanaym

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica

E1(2)	(1) Oficinas de Administración (2) Informática La construcción de esta estructura data de más de 80 años es de hormigón armado y mampostería de ladrillo, tiene vigas banda y pertenece a la clase C3 de FEMA, no posee edificaciones adyacentes.	
E2 (1)	(1) Aulas primaria La construcción de esta estructura data de no más de 10 años, pertenece a la clase URM de FEMA, no se presencia estructura adyacente, tiene cubierta de acero y supera la relación ancho-largo por más de 4.	
E3(1)	(1) Aula Pre-Básica La construcción de esta estructura data de más de 80 años es de paredes de ladrillo y pertenece a la clase URM de FEMA, no posee edificaciones adyacentes.	
E4(1)	(1) Auditorio de adoración Construido hace no más de 20 años, pertenece a la clase URM de FEMA, no posee edificaciones adyacentes	
E5(1)	(1) Aulas y laboratorio de computación Construido hace no más de 20 años, pertenece a la clase URM de FEMA, no posee edificaciones adyacentes, y tiene ampliaciones horizontales.	

RESULTADOS:

Tabla 77. Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Liceo Cristiano Mahanaym

CAPACIDAD DE RESPUESTA		Cr = 63.2
60 < CR ≤ 80	Alto	Mantener el POE. Reuniones esporádicas
40 < CR ≤ 60	Medio	Reformular aspectos relevantes POE
20 < CR ≤ 40	Bajo	Reformular completamente o crear POE

Tabla 78. Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa Liceo Cristiano Mahanaym

VULNERABILIDAD TOTAL					
Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V Total
E1	Oficinas de Administración	69.3	4	277.09	
E2	Aulas primaria	35.5	6	212.74	
E3	Aula Pre-Básica	65.8	4	263.09	
E4	Auditorio de adoración	34.4	4	137.40	46.64
E5	Aulas y laboratorio de computación	36.5	5	182.32	
SUMA		241	23	1072.64	
EDIFICIOS EVALUADOS POR EL FEMA P-154					
Edificación	Uso	V	Riesgo de Colapso		
E1	Oficinas de Administración	68.6	50 %		
E3	Aula Pre-Básica	65.8	50 %		

Tabla 79. Riesgo global de la unidad Educativa Liceo Cristiano Mahanaym

Coeficiente de Capacidad	RIESGO GLOBAL	CATEGORÍA DE LA U.E.
$si Cr \leq 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (V+240)}{48000}$	$Rg = \frac{VTotal}{C} \times NE$	C
$si Cr > 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (170-V)}{13500}$	NE = 1	Riesgo global Moderado alto
C = 1.491	Rg = 31.272	

Unidad Educativa Particular Lev Vygotsky

Tabla 80. Datos generales de la Unidad Educativa Particular Lev Vygotsky

DATOS GENERALES	
Nombre de la Unidad Educativa seleccionada: Lev Vygotsky	
Ubicación: Imbabura Imbabura s/n.	
Coordenadas: Este: 0783129	
Norte: 9964118	
Cota de construcción aproximada promedio: 2539 m	
Número de edificios: 10	

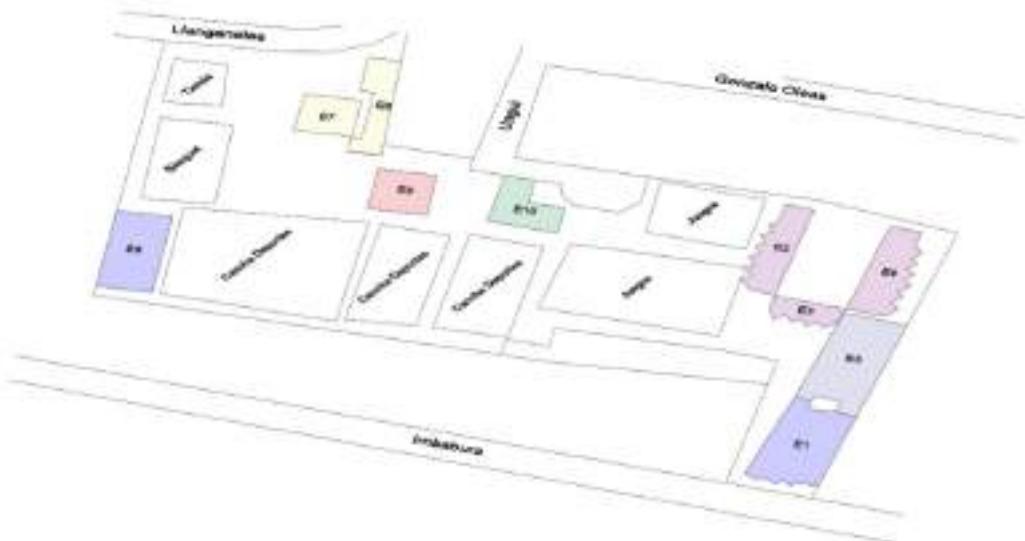


Figura 28. Croquis de la Unidad Educativa Particular Lev Vygotsky

Tabla 81. Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa Particular Lev Vygotsky

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1(4)	<p>(1) Administrativo</p> <p>(2) Bachillerato</p> <p>(3) Bachillerato</p> <p>(4) Bachillerato</p> <p>La construcción data desde hace menos de 15 años, es una estructura con marcos de hormigón y mampostería no reforzada, tipo C3 según FEMA P-154 y posee una leve inclinación de suelo.</p>	
E2 (3)	<p>(1) Primero de básica</p> <p>(2) Cuarto de básica</p> <p>(3) Séptimo de básica</p> <p>Construido hace 25 años, paredes de bloque y cemento, columnas y vigas de hormigón armado, tipo C3 según FEMA P-154 y se encuentra junto al bloque E3 y E4 compartiendo cubierta liviana de acero.</p>	

E3(3)	<p>(1) básica (2) básica (3) básica</p> <p>Estructura del mismo sistema constructivo y número de plantas que el edificio E2, se encuentra perpendicular a este y las losas son al mismo nivel.</p>	
E4(3)	<p>(1) básica (2) básica (3) básica</p> <p>Sistema constructivo igual a los dos edificios anteriores, paralelo al edificio E2 de similar área en planta y perpendicular a E3, losas no alineadas con los otros edificios.</p>	
E5(2)	<p>(2) Auditorio en construcción</p> <p>Esta estructura está en ejecución de obra desde el 2020 con la normativa vigente NEC 15, según la FEMA P-154 (2015) pertenece a clase C3, presenta adyacencia con escaleras del edificio de bachillerato.</p>	
E6(2)	<p>(1) Aulas Educación Inicial (2) Sala de Funciones Inicial</p> <p>Construida en 2001, es de hormigón armado y mampostería de bloque, pertenece a la clase C3 de FEMA P-154 y tiene una configuración muy alargada en planta.</p>	
E7(2)	<p>(1) Aulas Educación Inicial (2) Oficinas</p> <p>Estructura construida en 2009, se considera según la FEMA P-154 clase C3, no presenta estructuras adyacentes que puedan causar problemas de golpeteo, tiene cubierta en el segundo piso de madera.</p>	
E8(1)	<p>(1) Piscina</p> <p>Estructura tipo S3 de acuerdo a la FEMA P-154, no presenta problemas externos de golpeteo, posee desnivel de suelo.</p>	

E9 (1)	(1) Espacio cubierto cultura física Es una estructura metálica tipo S3 según la FEMA P-154, no posee paredes, y sus pilares se encuentran anclados con placa y pernos de anclaje, parte superior soldada con cubierta de acero.	
E10(1)	(1) Comedor Construida en el período de transición, es una estructura mixta tipo URM según FEMA P-154, tiene una ampliación con diferente sistema constructivo, de perfiles de acero, de la misma altura y área menor.	

Tabla 82. Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Particular Lev Vygotsky

CAPACIDAD DE RESPUESTA		Cr = 76	
60 < CR ≤ 80	Alto	Mantener el POE. Reuniones esporádicas	X
40 < CR ≤ 60	Medio	Reformular aspectos relevantes POE	
20 < CR ≤ 40	Bajo	Reformular completamente o crear POE	

Tabla 83. Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa Particular Lev Vygotsky

EDIFICACIÓN	USO	V	ELEMENTO DE TERRENO	V*E	V
					Total
E1	Administrativo, Bachillerato	38.2	6	229,20	
E2	Aulas Básica	63.5	6	380,79	
E3	Aulas Básica	63.2	6	379,29	
E4	Aulas Básica	63.5	6	380,79	43.77
E5	Auditorio en construcción	30.3	6	181,71	
E6	Educación inicial, Sala de funciones	37.6	6	225,60	
E7	Educación inicial, Oficinas	34.4	6	206,10	
E8	Piscina	33.1	6	198,30	
E9	Cultura física	32.1	4	128,20	
E10	Comedor	35.2	4	140,97	

SUMA	431	56	2450,94
EDIFICIOS EVALUADOS POR EL FEMA P-154			
Edificación	Uso	V	Riesgo de Colapso
E2	Aulas Básica	63.5	50%
E3	Aulas Básica	63.2	50%
E4	Aulas Básica	63.5	50%

Tabla 84. Riesgo global de la unidad Educativa Particular Lev Vygotsky

Coeficiente de Capacidad	RIESGO GLOBAL	CATEGORÍA DE LA U.E.
si $Cr \leq 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (V+240)}{48000}$	$Rg = \frac{VTotal}{C} \times NE$	B
si $Cr > 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (170-V)}{13500}$	$NE = 1$	Riesgo global Moderado
C = 1.646	Rg = 26.595	

Unidad Educativa JAHIBÉ

Tabla 85. Datos generales de la Unidad Educativa JAHIBÉ

DATOS GENERALES	
Nombre de la Unidad Educativa seleccionada: JAHIBÉ	
Ubicación: Capelo, Ana de Ayala No. 200	
Coordinadas: Este: 782851.4 Norte: 9966224.2	
Cota de construcción aproximada promedio: 2550 m	
Número de edificios: 6	

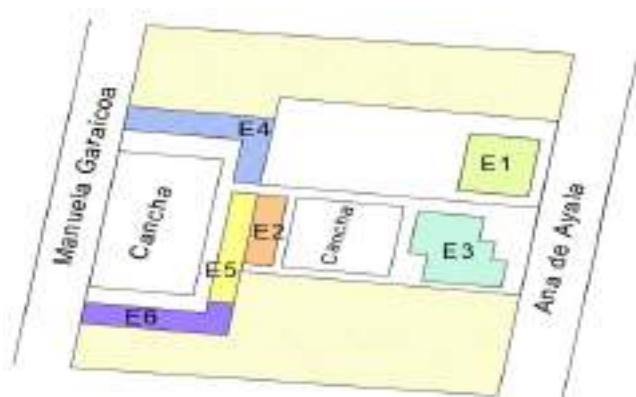


Figura 29. Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad JAHIBÉ

Tabla 86. Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa JAHIBÉ

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1(2)	(3) Aulas Inicial 1 e Inicial 2. (4) Oficinas Administrativas. La construcción de esta estructura data de menos de 20 años es de hormigón armado, pertenece a la clase C1 de FEMA P-154 y no pose edificaciones adyacentes que puedan ocasionar golpeteo. Es regular en planta y elevación.	
E2 (1)	(2) Aulas primaria La construcción data de menos de 20 años es de hormigón armado, pertenece a la clase C1 de FEMA P-15, estructura regular no presenta ampliaciones verticales como horizontales.	
E3(1)	(2) Laboratorios de química y física. (3) Sala de profesores La construcción data del año 1999 es de hormigón armado y cubierta y vigas de madera, estructura irregular en planta. No presenta edificaciones adyacentes, que produzcan condiciones de golpeteo. No presenta patologías en vigas y columnas.	
E4(1)	(1) Aulas Secundaria La construcción data en el año 2007 de hormigón armado y vigas de acero, estructura irregular en planta. No presenta edificaciones adyacentes, que produzcan condiciones de golpeteo. las principales patologías existentes son fisuras y humedad en las paredes.	

E5(1)	<p>(1) Aulas Secundaria</p> <p>La construcción data en el año 2005 de hormigón armado y vigas de madera, estructura regular en planta.</p> <p>Presenta edificaciones adyacentes, que produzcan condiciones de golpeteo. las principales patologías existentes son fisuras y humedad en las paredes.</p>	
E6(1)	<p>(1) Aulas Secundaria</p> <p>La construcción data en el año 2007 de hormigón armado y vigas de acero, estructura irregular en planta.</p> <p>Presenta edificaciones adyacentes, que produzcan condiciones de golpeteo. las principales patologías existentes son fisuras y humedad en las paredes.</p>	

Tabla 87. Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa JAHIBÉ

CAPACIDAD DE RESPUESTA			Cr = 76
60 < CR ≤ 80	Alto	Mantener el POE. Reuniones esporádicas	X
40 < CR ≤ 60	Medio	Reformular aspectos relevantes POE	
20 < CR ≤ 40	Bajo	Reformular completamente o crear POE	

Tabla 88. Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa JAHIBÉ

Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V Total
E1	Aulas Inicial 1 e Inicial 2. Oficinas Administrativas.	35.2	4	140.69	
E2	Aulas primaria	34.8	4	139.26	
E3	Laboratorios de química y física, Sala de profesores.	60.2	4	240.74	40.04
E4	Aulas Secundaria	35.6	4	142.54	
E5	Aulas Secundaria	39.4	4	157.69	
E6	Aulas Secundaria	35.0	4	140.11	
	SUMA	240	24	961.03	

Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V Total
EDIFICIOS EVALUADOS POR EL FEMA P-154					
Edificación	Uso	V		Riesgo de Colapso	
E3	Laboratorios de química y física, Sala de profesores.	60.2		50%	

Tabla 89. Riesgo global de la unidad Educativa El Camino

Coeficiente de Capacidad	RIESGO GLOBAL	CATEGORÍA DE LA U.E.
si $Cr \leq 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (V+240)}{48000}$	$Rg = \frac{VTotal}{C} \times NE$	B
si $Cr > 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (170-V)}{13500}$	NE = 1	Riesgo global Moderado
C = 1.694	Rg = 23.63	

Unidad Educativa El Camino

Tabla 90. Datos generales de la Unidad Educativa El Camino

DATOS GENERALES	
Nombre de la Unidad Educativa seleccionada: El Camino	
Ubicación: Río Marañon Lote 52 y Venezuela	
Coordinadas: Este: 783469.6 Norte: 9963796.1	
Cota de construcción aproximada promedio: 2550 m	
Número de edificios: 3	

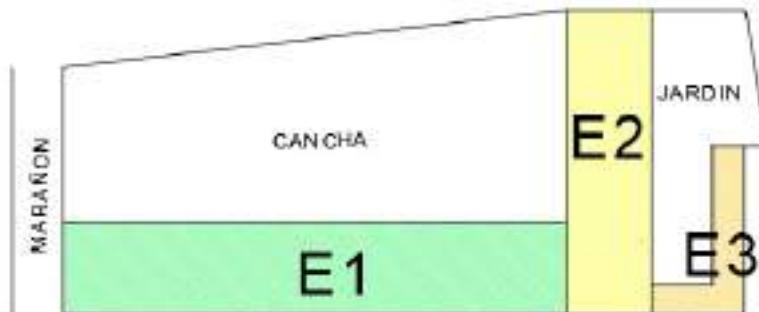


Figura 30. Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad Educativa El Cami

Tabla 91. Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa El Camino

DETALLE DE LOS EDIFICIOS		
Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1(3)	<p>Aulas Primaria, Aulas Secundaria y oficinas, Cancha Sintética, Laboratorios</p> <p>El año de construcción 1999, para lo cual su diseño se ha basado en la etapa de transición. El tipo de edificio identificado según la FEMA P-154 (2015) pertenece a clase C3, estructuras de hormigón armado. No presenta juntas entre bloques estructurales y una diferencia de niveles, se identifica un suelo tipo D, muy común en zonas de Sangolquí. En el año 2017 se realiza una ampliación vertical, con una altura mayor a la de entrepiso. Las vigas como columnas no presentan patologías. No se evidencia elementos no estructurales exteriores altos que puedan provocar inseguridad y pizarrones como proyectores cuentan con una adecuada fijación, en el interior de las aulas. No se ha implementado ninguna norma básica para la accesibilidad inclusiva, personas en sillas de ruedas no podrán acceder fácilmente a la edificación.</p>	
E2 (1)	<p>(3) Iglesia</p> <p>Su construcción data el año 2009, por lo cual tiene la normativa CEC2000, es una estructura tipo C3 según FEMA P-154; no presenta irregularidades en planta y elevación, cubierta plana, las principales patologías existentes son fisuras en losa y humedad en las paredes.</p>	
E3(1)	<p>(4) Aulas Inicial1 e Inicial 2</p> <p>Estructura construida en el 2016, con columnas y vigas de acero y losa deck, el auditorio se encuentra adyacente a esta estructura sin contemplar juntas y distancias mínimas, pudiendo causar problemas de golpeteo se encuentra sobre un suelo tipo D, presenta irregularidad en planta debido a una esquina reentrante. Las condiciones de la edificación son buenas, debido a que presenta patologías en las paredes pequeñas humedades y en losa pequeñas grietas.</p>	

Tabla 92. Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa El Camino

CAPACIDAD DE RESPUESTA		Cr = 40.80
60 < CR ≤ 80	Alto	Mantener el POE. Reuniones esporádicas
40 < CR ≤ 60	Medio	Reformular aspectos relevantes POE
20 < CR ≤ 40	Bajo	Reformular completamente o crear POE

Tabla 93. Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa El Camino

Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V Total
E1	Aulas Primaria y Secundaria, Laboratorios, Oficinas y Cancha sintética.	66.9	5	334.36	
E2	Iglesia	41.3	5	206.29	
E3	Aulas Inicial 1 e Inicial 2	31.1	4	124.29	47.49
	SUMA	139	14	664.93	

EDIFICIOS EVALUADOS POR EL FEMA P-154

Edificación	Uso	V	Riesgo de Colapso
E1	Aulas Primaria y Secundaria, Laboratorios, Oficinas y Cancha.	66.9	50%
E2	Iglesia	41.3	50%

Tabla 94. Riesgo global de la unidad Educativa El Camino

Coeficiente de Capacidad	RIESGO GLOBAL	CATEGORÍA DE LA U.E.
si $Cr \leq 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (V+240)}{48000}$	$Rg = \frac{V_{Total}}{C} \times NE$	A
si $Cr > 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (170-V)}{13500}$	NE = 1	Riesgo global bajo
$C = 8.433$	$Rg = 5.63$	

Unidad Educativa Cotogchoa

Tabla 95. Datos generales de la Unidad Educativa Cotogchoa

DATOS GENERALES

Nombre de la Unidad Educativa seleccionada:
Cotogchoa



Ubicación: Sangolqui, Barrio Cashapamba, Vía a Pintag, Calle Antonio Tandazo

Coordenadas: Este: 786211

Norte: 9963594

Cota de construcción aproximada promedio:
2568 m

Número de edifícios: 10

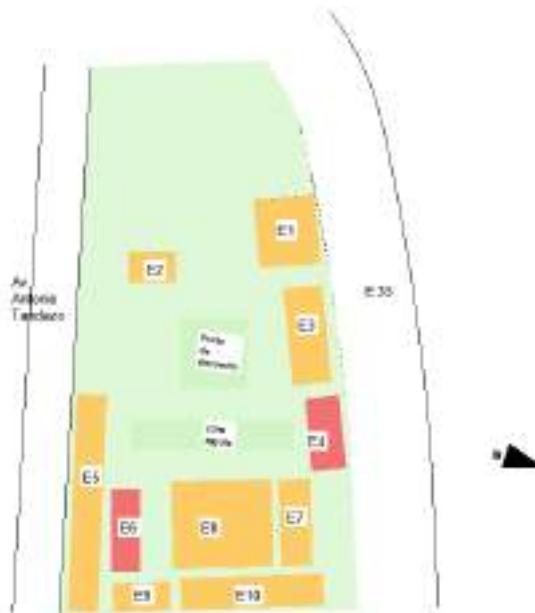


Figura 31. Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad Educativa Cotogchoa

Tabla 96. Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa Cotogchoa

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1(1)	<p>(1) Aulas preescolar</p> <p>La construcción de esta estructura data de menos de 20 años es de Acero que pertenece a la clase S5 de FEMA y no pose edificaciones adyacentes.</p>	
E2 (1)	<p>(1) Bar, comedor primaria</p> <p>La construcción de esta estructura data de más de 20 años, pertenece a la clase S5 de FEMA, pose edificaciones adyacentes, tiene una cubierta de 2 aguas, se observa ampliación horizontal.</p>	

E3(2)	<p>(1) Aulas primaria</p> <p>La construcción consta de 2 plantas es una estructura que data de no más de 5 años es de hormigón armado y mampostería de bloque pertenece a la clase C3 de FEMA no pose edificaciones adyacentes.</p>	
E4(2)	<p>(1) Aulas primaria</p> <p>(2) Oficina</p> <p>Da alrededor de 15 años, pertenece a la clase C3 de FEMA P-154, pose edificaciones adyacentes, se observa ampliación horizontal con un diferente sistema constructivo con diferentes plantas.</p>	
E5(1)	<p>(1) Aulas secundaria</p> <p>La construcción de esta estructura data de menos de 20 años es de Acero que pertenece a la clase S5 de FEMA y no pose edificaciones adyacentes</p>	
E6(2)	<p>(1) Sala de uso múltiple</p> <p>(2) Administrativo, secretaría</p> <p>Da de más de 20 años es de hormigón armado y mampostería de bloque, pertenece a la clase C3 de FEMA P-15, no pose edificaciones adyacentes, pero presenta patologías</p>	
E7(1)	<p>(1) Aulas, laboratorios</p> <p>La construcción de esta estructura data de menos de 20 años es de Acero que pertenece a la clase S5 de FEMA y no pose edificaciones adyacentes</p>	
E8(1)	<p>(1) Aulas primaria</p> <p>La construcción de esta estructura data de no más de 5 años es de hormigón armado y mampostería de ladrillo pertenece a la clase C3 de FEMA no pose edificaciones adyacentes, y se encuentra en muy buenas condiciones</p>	

E9 (2)	<p>(1) Vivienda</p> <p>(2) Baños de maestros, bodega</p> <p>Daño de más de 20 años, pertenece a la clase C3 de FEMA, no posee edificaciones adyacentes, se observa ampliación vertical con un diferente sistema constructivo, diferentes plantas y parapetos sin confinamiento y patologías estructurales</p>	
E10(1)	<p>(1) Sala de maestros, Bodegas</p> <p>La construcción no tiene registro de fecha de construcción y está compuesta únicamente de mampostería de bloque sin confinar y vigas de madera se la clasificó en la clase URM de FEMA</p>	

Tabla 97. Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Cotogchoa

CAPACIDAD DE RESPUESTA		Cr = 63,20
60 < CR ≤ 80	Alto	Mantener el POE. Reuniones esporádicas
40 < CR ≤ 60	Medio	Reformular aspectos relevantes POE
20 < CR ≤ 40	Bajo	Reformular completamente o crear POE

Tabla 98. Vulnerabilidad total de la Unidad Cotogchoa

Edificación	Uso	V	E	V*E	VT
E1	Aulas preescolar	36,24	5	178,35	
E2	Inspección, Bar	69,39	4	109,62	
E3	Aulas secundarias	25,82	5	175,85	
E4	Aulas primaria, oficinas	42,50	6	236,48	
E5	Aulas secundaria	36,88	4	141,25	
E6	Oficinas administrativas	63,09	1	60,82	42,35
E7	Aulas, laboratorios	35,63	5	319,10	
E8	Aulas	35,25	4	259,88	
E9	Baños, vivienda	61,05	4	133,05	
E10	Sala de maestros, bodegas	40,86	4	241,31	
	SUMA	446,74	44	1863,63	

EDIFICIOS EVALUADOS POR FEMA P-154

Edificación	Uso	V	Riesgo de colapso
-------------	-----	---	-------------------

Edificación	Uso	V	E	V*E	VT
E4	Aulas primaria, oficinas	42,50		12,589%	
E6	Oficinas administrativas	63,09		25%	

Tabla 99. Riesgo global de la unidad Educativa Cotogchoa

Coeficiente de Capacidad	RIESGO GLOBAL	CATEGORÍA DE LA U.E.
$si \ Cr \leq 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (V+240)}{48000}$	$Rg = \frac{VTotal}{C} \times NE$	B
$si \ Cr > 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (170-V)}{13500}$	NE = 1	Riesgo global moderado
$C = 1,543$	$Rg = 27,448$	

Unidad Educativa Liceo del Valle

Tabla 100. Datos generales de la Unidad Educativa Liceo del Valle

DATOS GENERALES	
Nombre de la Unidad Educativa seleccionada: Liceo del Valle	
Ubicación: Km 1 vía Pintag (entre urbanización San Francisco y urbanización Cashapamba) Calle Azcaray.	
Coordinadas: Este: 785973 Norte: 9964118	
Cota de construcción aproximada promedio: 2556 m	
Número de edificios: 5	

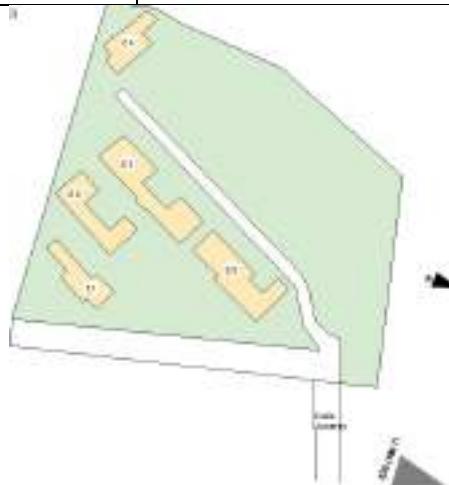


Figura 32. Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad Educativa Liceo del Valle

Tabla 101. Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa Liceo del Valle

DETALLE DE LOS EDIFICIOS		
Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1(2)	<p>(1) Biblioteca</p> <p>(2) Administrativo, secretaría</p> <p>La construcción de esta estructura data de menos de 18 años, consta de 2 plantas es de hormigón armado y mampostería de bloque, pertenece a la clase C3 de FEMA, posee una ampliación horizontal con diferente sistema constructivo y 2 años de diferencia, presenta problemas de humedad localizada</p>	
E2 (2)	<p>(1) Primaria</p> <p>(2) Primaria</p> <p>La construcción de esta estructura data de menos de 18 años consta de 2 plantas es de hormigón armado y mampostería de bloque pertenece a la clase C3 de FEMA, posee irregularidad en planta y en elevación, , presenta problemas de humedad localizada</p>	
E3(1)	<p>(1) Aulas secundaria</p> <p>La construcción de esta estructura data de menos de 18 años, es de hormigón armado y mampostería de bloque pertenece a la clase C3 de FEMA consta de 1 plantas y posee irregularidad en planta con patologías no estructurales, presenta problemas de humedad localizada</p>	
E4(1)	<p>(1) Aulas preescolar</p> <p>La construcción de esta estructura data de menos de 18 años, marcos de Acero y mampostería de bloque que pertenece a la clase S5 de FEMA, posee edificaciones adyacentes con separación adecuada.</p>	
E5(1)	<p>(1) Coliseo, talleres</p> <p>Data de no más de 18 años, pertenece a la clase S5 de FEMA, posee edificaciones adyacentes, se observa ampliación horizontal con un diferente sistema constructivo con una planta presenta problemas de humedad localizada.</p>	

Tabla 102. Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Liceo del Valle

CAPACIDAD DE RESPUESTA		Cr = 64
60 < CR ≤ 80	Alto	Mantener el POE. Reuniones esporádicas
40 < CR ≤ 60	Medio	Reformular aspectos relevantes POE
20 < CR ≤ 40	Bajo	Reformular completamente o crear POE

Tabla 103. Vulnerabilidad total de Liceo del Valle

Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V Total
E1	Aulas preescolar	38,28	5	191,42	
E2	Bar, comedor primaria	38,14	5	190,71	
E3	Aulas primaria	38,87	6	233,22	
E4	Coliseo, deportes	36,13	6	216,81	37,62
E5	Aulas primaria	36,88	6	221,31	
SUMA		188,32	28	1053,5	

Tabla 104. Riesgo global de la unidad Educativa Liceo del Valle

Coeficiente de Capacidad	RIESGO GLOBAL	CATEGORÍA DE LA U.E.
si $Cr \leq 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (V+240)}{48000}$	$Rg = \frac{V_{Total}}{C} \times NE$	B
si $Cr > 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (170-V)}{13500}$	NE = 1	Riesgo global moderado
C = 1,600	Rg = 23,397	

Unidad Educativa San Rafael

Tabla 105. Datos generales de la Unidad Educativa San Rafael

DATOS GENERALES	
Nombre de la Unidad Educativa seleccionada: San Rafael	
Ubicación: Av. General Enríquez 3083 y calle La Concordia.	
Coordenadas: Este: 783277 Norte: 9966087,5	
Cota de construcción aproximada promedio: 2500 m.s.n.m	
Número de edificios: 10	



Figura 33. Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad Educativa San Rafael

Tabla 106. Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa San Rafael

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1(2)	<p>(2) Baños (3) Oficinas</p> <p>El edificio tiene más de 15 años, es de hormigón, vigas de madera y cubierta metálica; por lo cual pertenece a la clase MX de FEMA</p> <p>Tiene dos pisos y construcción adyacente.</p> <p>Se evidencia presencia de humedad y desprendimiento de mortero.</p>	
E2 (1)	<p>(4) Aulas, dos bodegas</p> <p>Infraestructura mayor a 15 años, paredes de ladrillo y techo metálico, pertenece a la clase MX de FEMA.</p> <p>Tiene cielo falso, se evidencia las instalaciones eléctricas, algunas ventanas con vidrios rotos y mampostería desprendida.</p>	

E3 (2)	<p>(3) Oficinas</p> <p>La edificación data de más de 15 años, estructura de hormigón armado y mampostería de bloque y ladrillo, pertenece a la clase C3 de FEMA.</p> <p>Tiene edificaciones adyacentes, se evidencia desprendimiento de mortero por humedad; en la planta superior tienen un faro de luz, ampliación vertical.</p>	
E4 (1)	<p>(1) Aula de clase</p> <p>Año de construcción mayor a 15 años, un solo piso, cubierta y vigas metálicas, mampostería de ladrillo por lo cual es una estructura MX de acuerdo a FEMA.</p> <p>Tiene construcción adyacente, se nota en muro exterior la presencia de humedad.</p>	
E5 (1)	<p>(1) Aula de clase, oficinas y baños</p> <p>Año de construcción mayor a 15 años, un solo piso, cubierta metálica, vigas y cielo falso de madera (aulas y oficinas), mampostería de ladrillo por lo que se cataloga como una estructura MX de acuerdo a FEMA.</p> <p>No tiene construcción adyacente, desprendimiento de mortero y paredes muestran humedad.</p>	
E6 (2)	<p>(1) Aulas de clase</p> <p>(2) Aulas de clase</p> <p>El edificio tiene aproximadamente 10 años, es de hormigón armado, tiene vigas descolgadas y vigas metálicas, segundo piso con cubierta metálica.</p> <p>Tiene objetos desprendibles como campanas, faros de luz y visera.</p> <p>No tiene construcciones adyacentes.</p>	

E7 (1)	<p>(1) Oficinas</p> <p>El edificio tiene más de 20 años, mampostería de ladrillo sin refuerzo de varillas de acero por lo que es categoría URM.</p> <p>Tiene una construcción adyacente.</p> <p>Muestra deflexión en losa y grietas.</p>	
E8 (2)	<p>(1) Oficina</p> <p>(2) Bodega</p> <p>El edificio tiene más de 15 años, es de hormigón armado, el enlucido mal anclado y se desprende fácilmente siendo de categoría C3 de FEMA</p> <p>Tiene dos pisos y construcción adyacente.</p>	
E9 (2)	<p>(1) Aulas de clase</p> <p>(2) Aulas de clase</p> <p>La construcción es mayor a 10 años, el material predominante es hormigón armado, tiene vigas descolgadas sin embargo el enlucido mal anclado por lo que es de categoría C3 de FEMA</p> <p>Tiene dos pisos y construcción adyacente.</p>	
E10 (1)	<p>(1) Aulas de clases y bodega</p> <p>La edificación tiene más de 10 años, mampostería de ladrillo y cubierta metálica, siendo de tipo MX de acuerdo a FEMA.</p> <p>No tiene edificios adyacentes por lo que no tiene riesgo de golpeteo.</p>	

Tabla 107. Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa San Rafael

CAPACIDAD DE RESPUESTA		Cr = 50,40
60 < CR ≤ 80	Alto	Mantener el POE. Reuniones esporádicas
40 < CR ≤ 60	Medio	Reformular aspectos relevantes POE
20 < CR ≤ 40	Bajo	Reformular completamente o crear POE

Tabla 108. Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa San Rafael

VULNERABILIDAD TOTAL					
Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V Total
E1	Baños, oficinas	63,93	4	255,714	
E2	Aulas de clases	62,92	5	314,607	
E3	Oficinas	63,14	4	252,543	
E4	Aula de clase	62,78	4	251,114	62,70
E5	Aulas, oficinas baños	62,02	5	310,107	
E6	Aulas	62,49	5	312,464	
E7	Oficinas	62,92	4	251,686	
E8	Oficina, bodega	61,92	3	185,764	
E9	Aulas	61,92	5	309,607	
E10	Aulas escolares	62,92	5	314,607	
SUMA		626,96	44	2758,213	

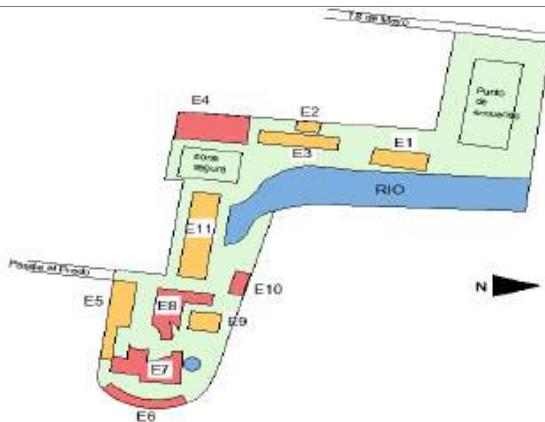
Tabla 109. Riesgo global de la unidad Educativa San Rafael

Coeficiente de Capacidad	RIESGO GLOBAL	CATEGORÍA DE LA U.E.
si $Cr \leq 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (V+240)}{48000}$	$Rg = \frac{VTotal}{C} \times NE$	D
si $Cr > 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (170-V)}{13500}$	NE = 1	Riesgo global Alto
C = 1,195	Rg = 52,45	

Tabla 110. Esquemas de vulnerabilidad de las edificaciones de las U.E. Sangolquí

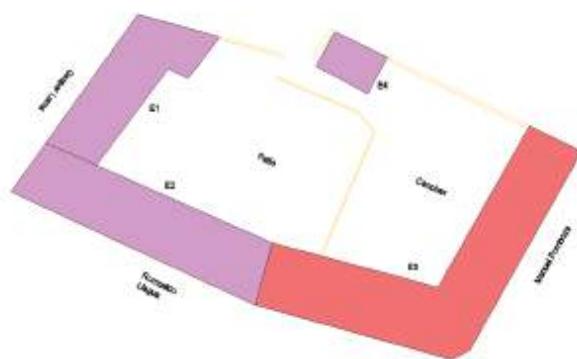
Esquema de Vulnerabilidad

Esquema de Vulnerabilidad

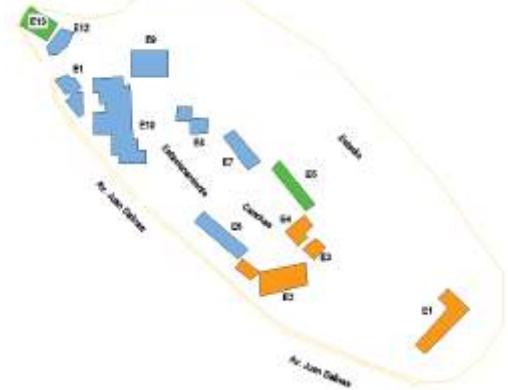


Unidad Educativa Liceo Naval

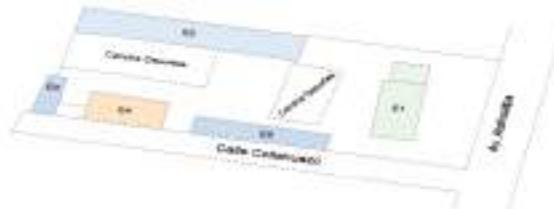
Unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre



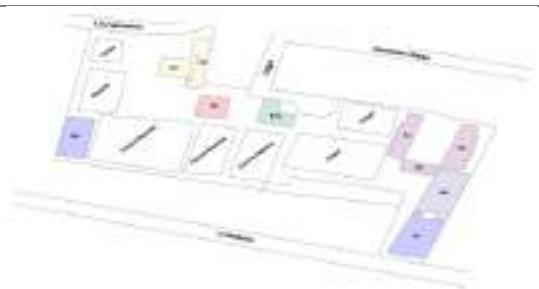
Unidad Educativa Santo Tomás de Aquino



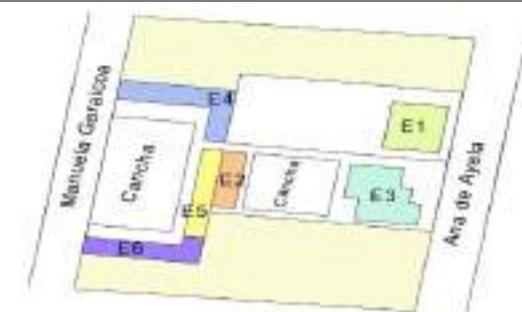
Unidad Educativa Juan de Salinas



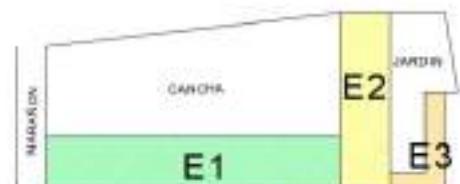
Liceo Cristiano Mahanaym



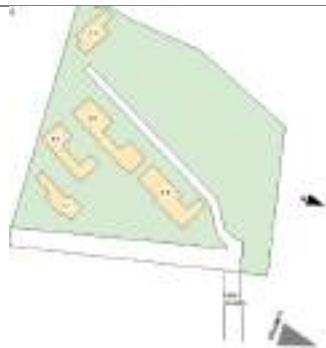
Unidad Educativa Lev Vygotsky



Unidad Educativa Jahibé



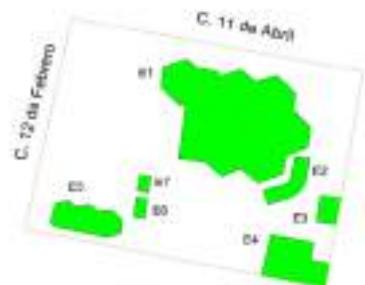
Unidad Educativa El Camino



Liceo del Valle

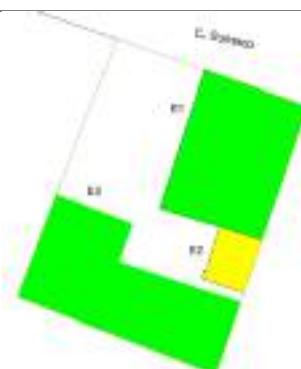


Unidad Educativa Cotogchoa



Alondra y Diuca

American Basic



Anatoly Lunacharsky

Ardillitas del Valle



Carmen Gaibor de Gonzales



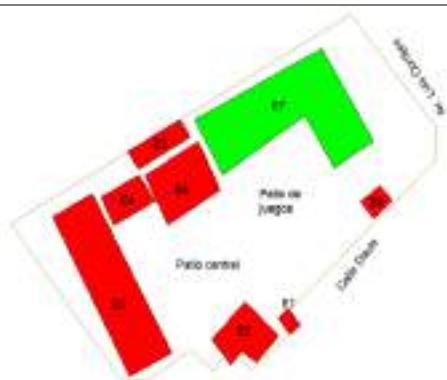
Carrusel de Niños



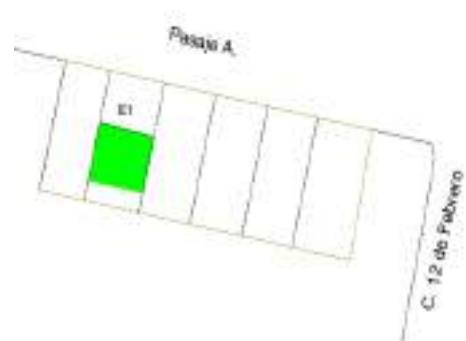
CDI Daniel Goleman



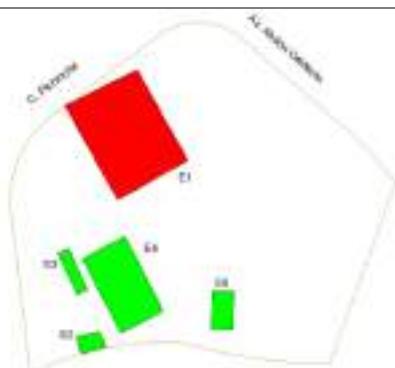
CDI Miguel de Cervantes



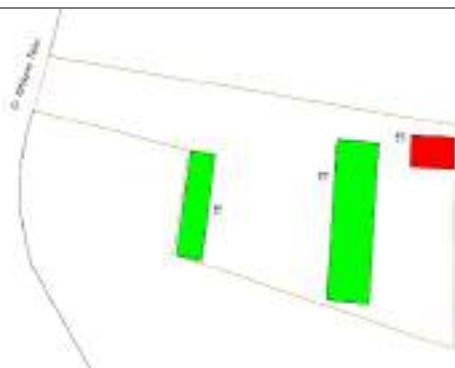
CDI Municipal Gotitas de Amor



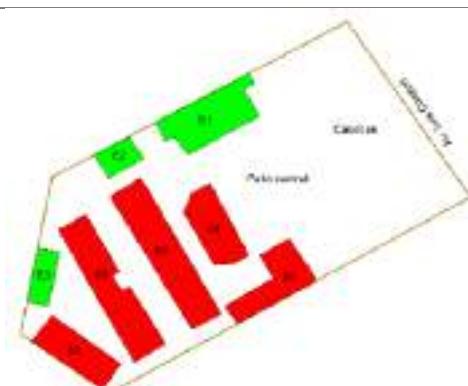
CEI. Happy Children



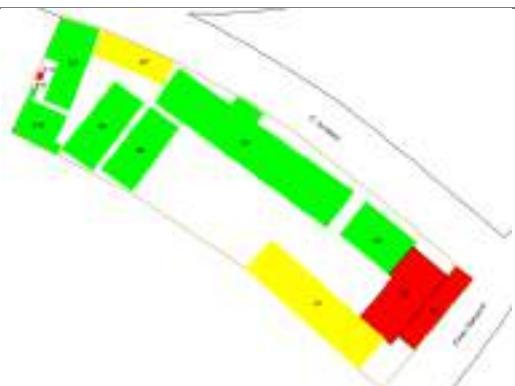
Celestín Freinet del Valle



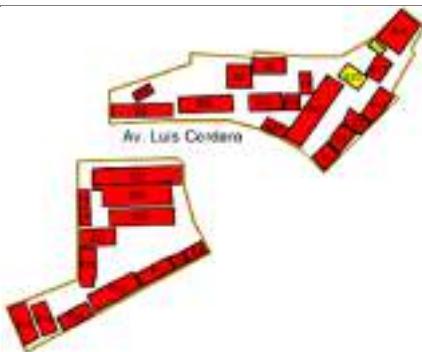
Charles Babbage, ECO. José Mocanda Sánchez, Liceo Juan Mantovani



Darío Figueroa Larco



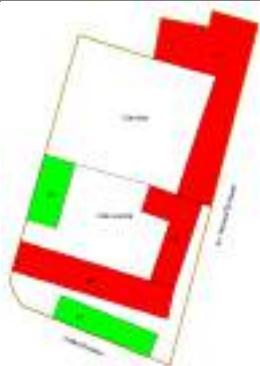
Dr. Carlos Cadena



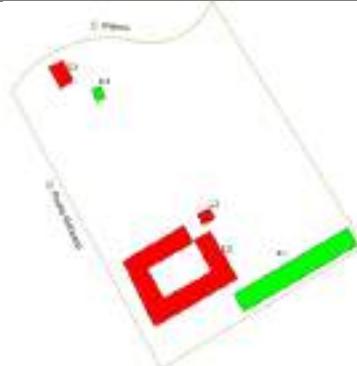
Dr. Carlos Larco Hidalgo



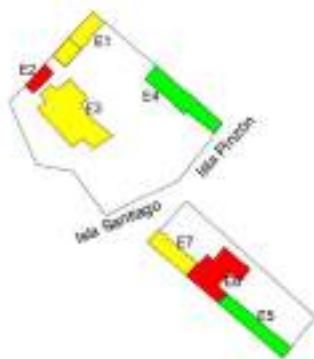
Educar 2000



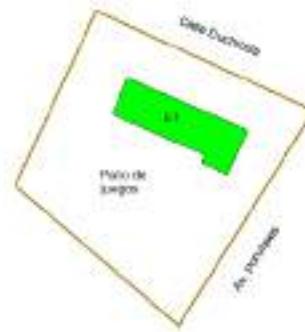
Franciscana la Inmaculada



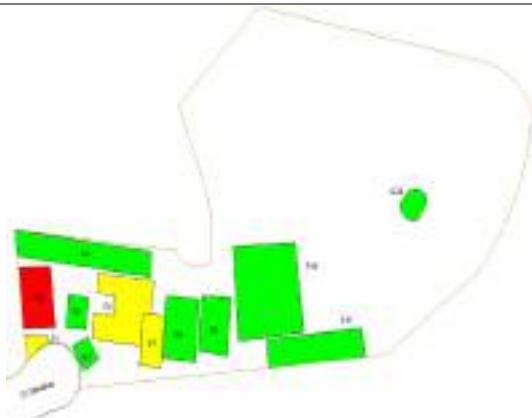
Galileo Galilei



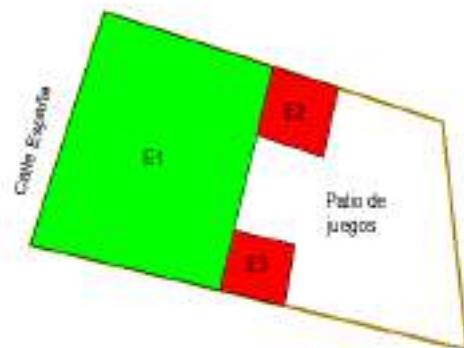
George Mason



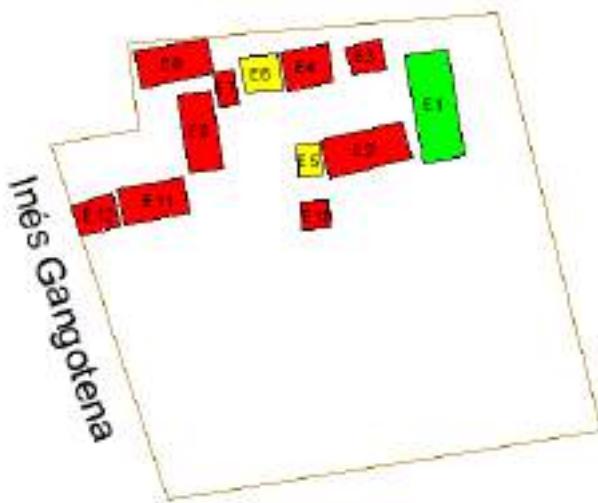
Gotitas del Saber



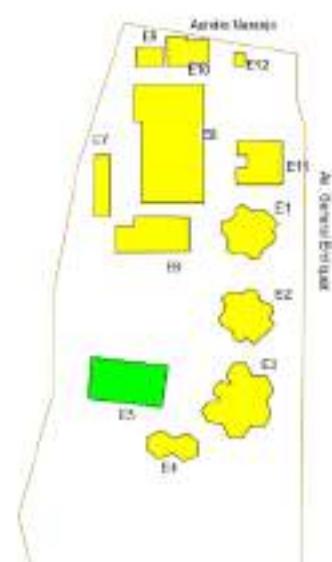
Henry Dunant



Home Sweet Home



Inés Gangotena Jijón



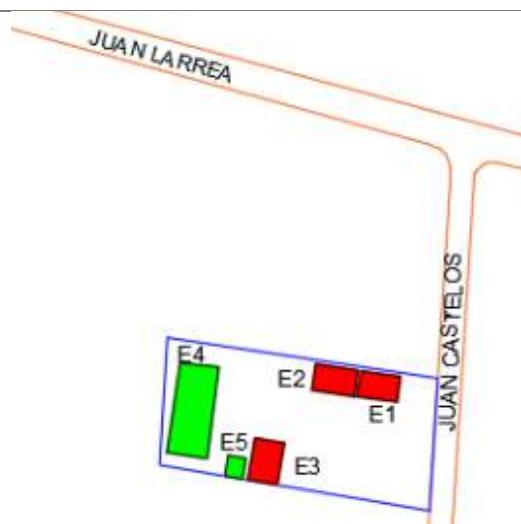
Instituto Particular de Educación Especial Virgen de la Merced



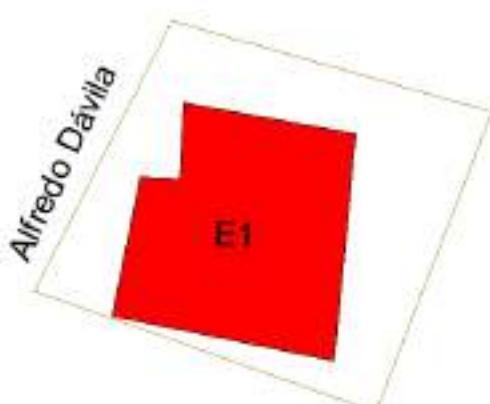
Jacinto Jijón y Caamaño



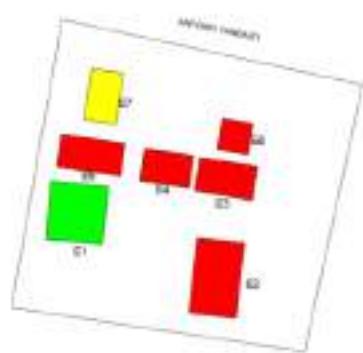
Juan Montalvo



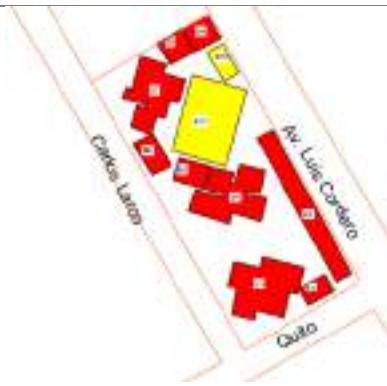
Casita de Juegos



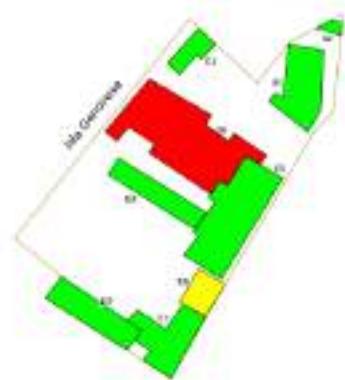
La Pájara Pinta



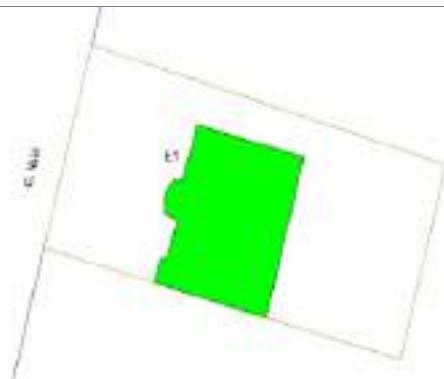
Leónidas García



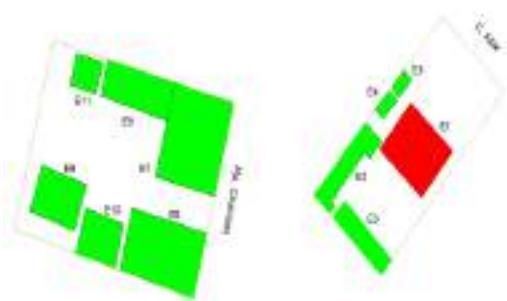
Leopoldo Mercado



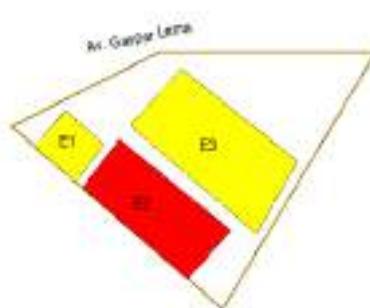
Madre de la Divina Gracia



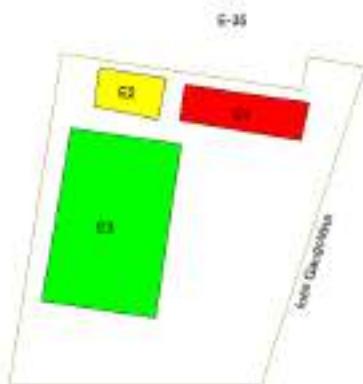
Maslow



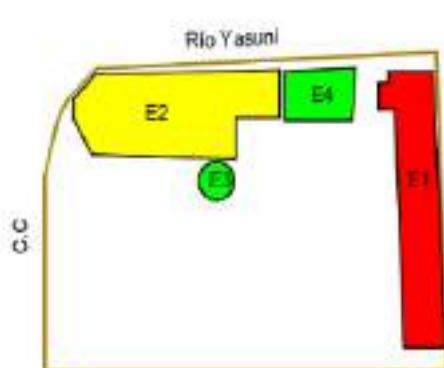
Mi Aldea Feliz



Mundo de Juguete



Mundo Infantil



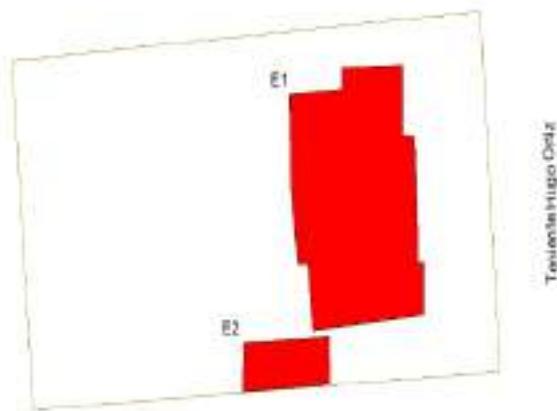
Nuevo Mundo en las Manos de Dios



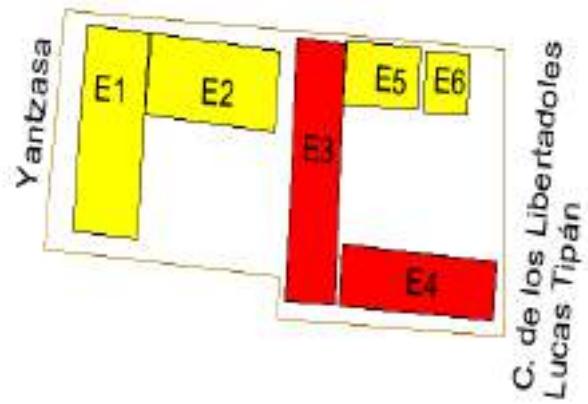
Pequeños Exploradores



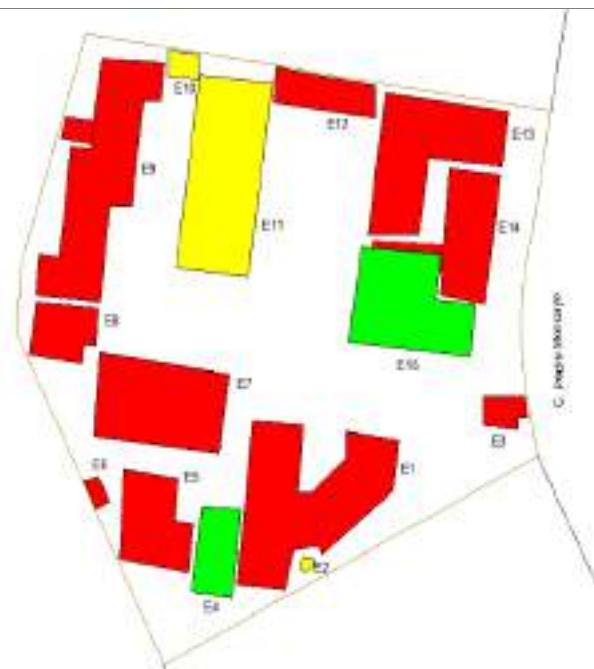
Ramon González Artigas



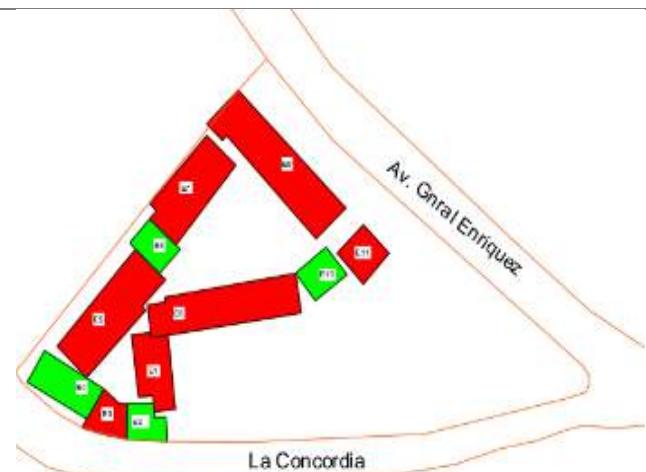
Roma Kids

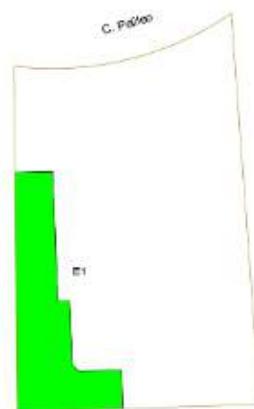
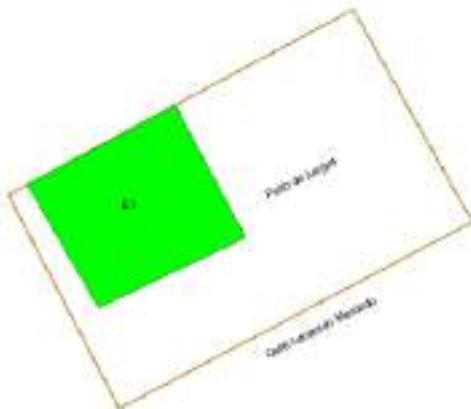


Rotary Club Fe Y Alegría



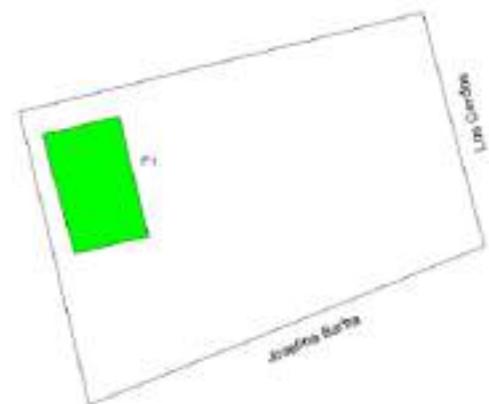
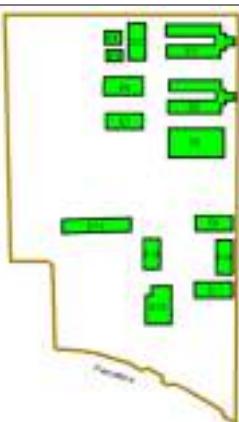
San José de Capelo





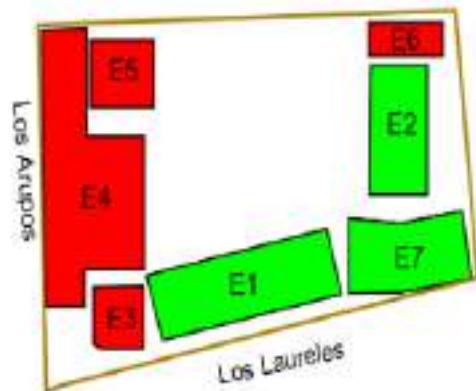
Semillitas de Vida

Sweet Steps



Telmo Hidalgo Díaz

Timoteo



U.E. Rumiñahui

Vicente Aguirre

Tabla 111. Resultados de escuelas evaluadas en Sangolquí

Nº	Nombre	Vtotal	Cr	Rg	Categoría
1	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE	55,01	63,2	33,34	
2	Unidad Educativa Liceo Naval	43,4	63,2	28,36	B
3	Unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre	34,6	75,2	18,9	B
4	Unidad Educativa Santo Tomás de Aquino	37,92	66,4	18,09	B

5	Unidad Educativa Juan de Salinas	41,67	65,6	19,98	B
6	Liceo Cristiano Mahanaym	46,64	63,2	31,27	C
7	Unidad Educativa Lev Vygotsky	43,77	76	26,6	B
8	Unidad Educativa Jahibé	40,04	76	23,63	B
9	Unidad Educativa El Camino	47,49	40,8	5,63	A
10	Liceo del Valle	37,62	64	23,4	B
11	Unidad Educativa Cotogchoa	42,35	63,2	27,45	B
12	Unidad Educativa San Rafael	62,7	50,4	52,45	D
13	Alondra y Diuca	35,86	63,2	22,11	B
14	American Basic	32,58	63,2	19,61	B
15	Anatoly Lunacharsky	47,1	63,2	31,7	C
16	Ardillitas del Valle	36,81	63,2	43,6	C
17	Carmen Gaibor de Gonzales	37,35	63,2	23,29	B
18	Carrusel de Niños	61,38	63,2	46,75	D
19	Casita de Juegos	54,29	63,2	38,81	C
20	CDI Daniel Goleman	37,43	63,2	23,35	B
21	CDI Miguel de Cervantes	36,93	63,2	22,96	B
22	CDI Municipal Gotitas de Amor	57,72	63,2	42,52	C
23	CEI. Happy Children	37,08	63,2	23,07	B
24	Celestín Freinet del Valle	41,55	63,2	26,76	B
25	Charles Babbage	42,67	63,2	27,72	B
26	Darío Figueroa Larco	58,1	63,2	42,94	C
27	Dr. Carlos Cadena	43,07	63,2	20,96	B
28	Dr. Carlos Larco Hidalgo	66,14	63,2	52,68	D
29	ECO. José Mocanda Sánchez	42,67	63,2	27,72	B
30	Educar 2000	61,33	63,2	46,69	D
31	Franciscana la Inmaculada	57,4	63,2	42,17	C
32	Galileo Galilei	52,7	63,2	37,17	C
33	George Mason	49,54	63,2	34,02	C
34	Gotitas del Saber	27,07	63,2	15,67	B
35	Henry Dunant	39,92	63,2	25,39	B
36	Home Sweet Home	39,74	63,2	46,58	D
37	Inés Gangotena Jijón	57,99	63,2	42,82	C
38	Instituto Particular de Educación Especial	57,57	63,2	42,35	C
	Virgen de la Merced				
39	Jacinto Jijón y Caamaño	41,74	63,2	26,92	B
40	Juan Montalvo	60,47	63,2	45,67	D
41	La Pájara Pinta	60,73	63,2	45,98	D
42	Leónidas García	56,1	63,2	40,75	C
43	Leopoldo Mercado	62,43	63,2	48,01	D
44	Liceo Juan Mantovani	42,67	63,2	27,72	B
45	Madre de la Divina Gracia	40,8	63,2	26,12	B
46	Maslow	37,21	63,2	23,18	B
47	Mi Aldea Feliz	34,89	63,2	21,36	B
48	Mundo de Juguete	61,87	63,2	47,33	D
49	Mundo Infantil	52,64	63,2	58,98	D
50	Nuevo Mundo en las Manos de Dios	50,22	63,2	34,68	C
51	Oswaldo Guayasamín	52,24	63,2	36,7	C
52	Pequeños Exploradores	62,2	63,2	47,73	D
53	Ramon González Artigas	56,79	63,2	41,49	C
54	Roma Kids	61,38	63,2	46,75	D
55	Rotary Club Fe Y Alegría	59,84	63,2	44,94	C
56	San José de Capelo	54,46	63,2	38,99	C
57	Semillitas de Vida	35,64	63,2	21,94	B
58	Sweet Steps	38,05	63,2	23,86	B
59	Telmo Hidalgo Díaz	35,94	63,2	22,17	B
60	Timoteo	36,39	63,2	22,53	B
61	U.E. Rumiñahui	71,41	63,2	59,91	D
62	Vicente Aguirre	50,59	63,2	35,04	C

Tabla 112. Año de construcción de edificaciones en Sangolquí

	NEC 2015	CEC 2000	CEC 77	Sin Norma
Nº de edificaciones	19	161	216	38
Porcentaje	4,38%	37,10%	49,77%	8,76%

Tabla 113. Porcentaje de tipo de estructura FEMA en Sangolquí

Tipo	W1	S3	S5 / MH	MX / URM / C3
Nº de edificaciones	19	29	165	221
Porcentaje	4,38%	6,68%	38,02%	50,92%

Tabla 114. Estado de conservación de edificaciones en Sangolquí

	Muy bueno	Bueno	Regular	Deficiente
Nº de edificaciones	16	325	92	1
Porcentaje	3,69%	74,88%	21,20%	0,23%

Tabla 115. Puertas de salida o emergencia de edificaciones en Sangolquí

	Cumple	No cumple	No aplica
Nº de edificaciones	8	418	8
Porcentaje	1,84%	96,31%	1,84%

Tabla 116. Ventanas de edificaciones en Sangolquí

	Cumple	No cumple	No aplica
Nº de edificaciones	28	395	11
Porcentaje	6,45%	91,01%	2,53%

Tabla 117. Accesibilidad inclusiva de edificaciones en Sangolquí

	Cumple	No cumple
Nº de edificaciones	85	349
Porcentaje	19,59%	80,41%

Tabla 118. Categoría de riesgo global en instituciones de Sangolquí

Categoría	A	B	C	D
Nº de instituciones	1	29	20	14
Porcentaje	1,61%	46,77%	32,26%	22,58%

PARTE 3 RESULTADOS LATACUNGA

Se evaluaron un total de 15 instituciones educativas de la parroquia de Sangolquí incluyendo tres universidades mediante la guía elaborada por (Ballesteros & Caizaguano, 2020), las cuales se describen a continuación.

Tabla 119. Planteles Educativos Evaluados mediante la Guía de (Ballesteros & Caizaguano, 2020)

Nº	Nombre de Unidad Educativa	Este [m]	Norte [m]	Altitud[m]
1	U.E Victoria Vásquez Cuvi - Simón Bolívar - Elvira Ortega	765272,5	9897335,5	2776
2	U.E. Vicente León	765979,1	9897997,6	2788
3	U.E. Ramon Barba Naranjo	765754,9	9896147,8	2769
4	Escuela de Educación Básica Isidro Ayora	765650,1	9896551,4	2775
5	U.E. Monseñor Leónidas Proaño	763657,8	9898272,6	2787
6	U.E. Hermano Miguel	764500,4	9898203,9	2779
7	U.E. Luis Fernando Ruiz	766665,1	9896730,5	2781
8	U.E. Toacaso	757857,1	9916226,3	3171
9	U.E. Primero de Abril	765849,2	9896619,8	2777
10	U.E. Ana Páez	763923,9	9897011,6	2770
11	U.E. Once de Noviembre	766144,6	9896191,5	2767
12	U.E. Fiscal FAE N°5	764325,1	9898823,8	2795
13	U.E. Juan Abel Echeverría	763284,9	9898872,1	2793
14	U.E. Dr. José María Velasco Ibarra	765458,1	9895934,5	2760
15	U.E. Jorge Icaza	764253,5	9897208,1	2773
16	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (Campus Belisario Quevedo)	768929,56	9889597	2735
17	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga (Campus Centro)	765777,32	9896317,69	2776
18	Universidad Técnica de Cotopaxi. Campus Matriz, Latacunga	764573,42	9897492	2789



Figura 34. Mapa de instituciones educativas seleccionadas en Latacunga

Para cada una de las instituciones educativas mencionadas anteriormente, se llevó a cabo el cálculo de la vulnerabilidad por edificio, vulnerabilidad total de la institución y su categorización en base al riesgo global. Los resultados obtenidos para cada institución se detallan a continuación:

3.1 Unidad educativa Victoria Vásquez Cuví – Simón Bolívar – Elvira Ortega

La unidad Educativa Victoria Vásconez Cuví – Simón Bolívar - Elvira Ortega se encuentra conformada por tres bloques, siendo el principal el bloque Victoria Vásconez Cuví.

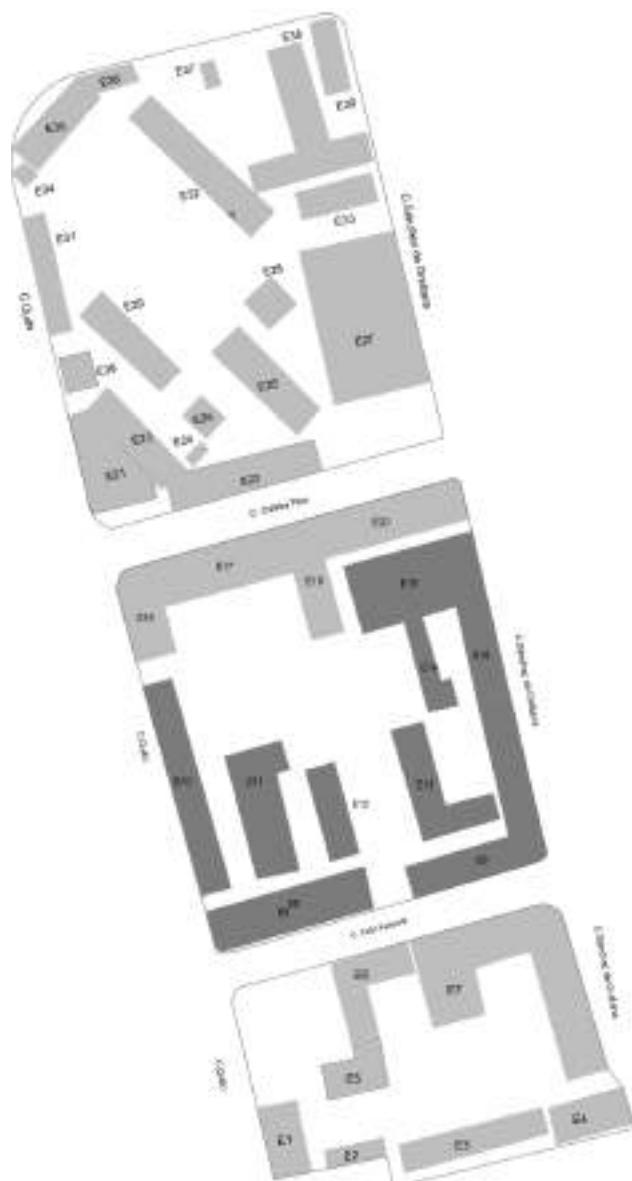


Figura 35. Croquis de la U.E. Victoria Vascones Cuví - Simón Bolívar - Elvira Ortega

Tabla 120. Datos Generales de la U.E. Victoria Vásconez Curi – Simón Bolívar – Elvira Ortega
DATOS GENERALES

Nombre de la Unidad Educativa:	U.E. VICTORIA VASCONEZ CUVI - SIMON BOLIVAR - ELVIRA ORTEGA		
Dirección:	Calle Quito Y Calixto Pino (Bloque 1 Simón Bolívar) Félix Valencia y Calle Sánchez de Orellana (Bloque 2 Vásconez Cuví) Félix Valencia y Calle Sánchez de Orellana (Bloque 3 Elvira Ortega)		
Coordinadas	Este	Norte	
	Bloque 1	765273,7	9897295,6
	Bloque 2	765272,5	9897335,5
	Bloque 3	765336,3	9897067,5
Fecha de evaluación:	19/ 04/2023	Nº de Edificios:	38
Cota de Construcción aproximada	Bloque 1	2775 msnm	Jornada: Matutina y Vespertina
	Bloque 2	2776 msnm	
	Bloque 3	2775 msnm	

Tabla 121. Descripción de los edificios de la U.E. Victoria Vascones Cuvi - Simón Bolívar - Elvira Ortega

Código # de Pisos	Dependencias y Descripción	Evidencia
E1 (3)	(1) Aulas Construcción de aproximadamente 50 años, de estructura de hormigón armado (C3). Presenta una ampliación horizontal, presenta grietas en sus elementos estructurales.	
E2 (1)	(1) Baños Construcción de aproximadamente 30 años de antigüedad de hormigón armado (C3). Presenta humedad, agrietamiento y fisuras tanto en paredes como en losa, presenta condiciones de golpeteo.	
E3 (3)	(1) Aulas Construcción de aproximadamente 50 años, estructura de hormigón armado (C3). El edificio presenta humedad, grietas en sus elementos estructurales, la conservación de la edificación, así como su cubierta se considera regular.	
E4 (3)	(1) Aulas Construcción de aproximadamente 40 años con estructura de hormigón armado (C3). El edificio se encuentra en una fila de más de 3 edificios, presenta irregularidad en planta, grietas y fisuras en losas, vigas	

E5 (2)	(1) Aulas Construcción anterior al año 1977, es una estructura tipo (C3). Presenta ampliaciones horizontales, grietas en sus elementos estructurales, humedad en paredes además de grietas. El estado de conservación es Regular.	
E6 (2)	(1) Aulas Construcción con más de 50 años de construcción es una estructura tipo (C3) que presenta irregularidades en planta, sus columnas presentan grietas por represión de fundación su estado de conservación es regular.	
E7 (2)	(1) Aulas Construcción anterior al año 1977, es una estructura tipo (C3), el edificio se encuentra en una fila de más de 3 edificios. Presenta humedad, grietas y fisuras en sus elementos estructurales.	
E8 (3)	(1) Aulas Construcción anterior al año 1977 de hormigón(C3). Presenta condiciones de adyacencia, grietas en columnas y vigas, grietas en esquinas de paredes y puertas, sus elementos no estructurales interiores presentan una regular colocación.	
E9 (2)	(1) Aulas Construcción entre los años 1977-2000, es una estructura de tipo (C3), el edificio presenta condiciones de adyacencia, irregularidad en planta, grietas en vigas y columnas el estado de conservación se considera regular.	
E10 (3)	(1) Aulas Construcción anterior al año 1977, de hormigón (C3), no presenta irregularidades. presentan, humedad y grietas, además presenta una ampliación horizontal y mala colocación de elementos estructurales interiores	
E11 (1)	(1) Auditorio Construcción entre los años 1977-2000, es una estructura tipo (C3), presenta irregularidades en elevación posee humedad localizada en vigas y paredes. La edificación y la cubierta se encuentra en un buen estado.	
E12 (1)	(1) Aulas(2) Sub. Inspección Construcción anterior al año 1977, es una estructura de hormigón(C3), la edificación presenta fisuras en columnas, grietas en esquinas de puertas y ventanas, posee un estado de conservación de la edificación y cubierta regular.	
E13 (2)	(1) Bar Estructura de madera (URM) con más de 50 años de construcción, fracturas en vigas, columnas y paredes, cubierta en estado deficiente, cristales rotos, al tener forma de L posee irregularidad en planta con esquinas reentrantas.	

E14 (1)	(1) Baños Estructura de hormigón armado (C3) con más de 50 años de construcción, presenta fisuras en vigas, columnas y losa, fracturas en paredes, sin acceso inclusivo, al encontrarse junto al coliseo puede ser afectada por golpeteo.	
E15 (1)	(1) Aulas Estructura de hormigón armado (C3) con más de 50 años de construcción, con columnas para presumible ampliación vertical, presenta fisuras en vigas, columnas y losa, siendo una estructura de buen estado.	
E16 (2)	(1) Sala de Profesores Construcción con más de 50 años, es una estructura de madera (W1), no presenta irregularidades. Con respecto a sus elementos estructurales presentan desgaste, humedad y grietas por lo que su estado general es deficiente y se encuentra en desuso.	
E17 (2)	(1) Laboratorio de Informática (2) Laboratorio de Internet Construcción con más de 50 años, estructura de hormigón armado (C3) que presenta irregularidades en planta además de condiciones de golpeteo en esta estructura se observa en las columnas grietas por represión de fundación.	
E18 (1)	(1) Coliseo Estructura de construcción metálica (S5) con aproximadamente 50 años, cuenta con una sola planta, no tiene irregularidad en planta, presenta fallas en sus elementos (paredes, vigas, columnas) en forma de fisuras, humedad y oxidación.	
E19 (2)	(1) Laboratorio QQ.BB. (2) Bodegas Construcción con más de 50 años de hormigón armado (C3) que presenta irregularidades en planta, condiciones de golpeteo, sus columnas presentan grietas por insuficiencia de estribos y su cubierta presenta un estado de conservación deficiente.	
E20 (1)	(1) Auditorio Construcción con más de 10 años es, estructura tipo (C3) que presenta irregularidades en planta y elevación, sus columnas presentan grietas por represión de fundación, su estado de conservación es deficiente por lo que está en desuso.	
E21 (3)	(1) Aulas Estructura de construcción de hormigón armado (C3), con aproximadamente 13 años, cuenta con 3 plantas, no tiene irregularidad en planta ni elevación, presenta humedad y fisuras en paredes.	
E22 (1)	(1) Aulas Estructura de construcción mixta (C3) con aproximadamente 50 años, cuenta con una sola planta, presenta patologías en paredes (humedad y fisuras), la cubierta en estado regular, no tiene irregularidad en planta	

E23 (1)	(1) Baños Construcción con más de 50 años con estructura de hormigón armado (C3) que no presenta irregularidades, las patologías en sus paredes se presentan en las esquinas de ventanas y puertas además se presenta humedad teniendo un estado de conservación bueno.	
E24 (1)	(1) Baños Estructura de construcción de hormigón armado (C3) con aproximadamente 50 años, cuenta con una sola planta, presenta patologías en paredes (humedad y fisuras), la cubierta en estado regular, no tiene irregularidad en planta.	
E25 (1)	(1) Oficinas Estructura de construcción hormigón armado (C3) con aproximadamente 50 años, cuenta con una sola planta, presenta patologías en paredes (humedad y fisuras), la cubierta en estado regular, no tiene irregularidad en planta.	
E26 (1)	(1) Coliseo Estructura de marco de acero (S5) con aproximadamente 50 años, cuenta con una sola planta, presenta patologías en paredes (humedad y fisuras), la cubierta en estado regular, no tiene irregularidad en planta. Vigas con oxidación al igual que sus columnas	
E27 (2)	(1) Oficinas Estructura de hormigón armado (C3) con aproximadamente 50 años, cuenta con dos plantas, presenta patologías en paredes (humedad y fisuras), no tiene irregularidad en planta.	
E28 (1)	(1) Aulas Estructura de construcción hormigón armado (C3) con aproximadamente 50 años, cuenta con una sola planta, presenta patologías en paredes (humedad y fisuras), la cubierta en estado regular, no tiene irregularidad en planta.	
E29 (1)	(1) Baños Estructura de hormigón armado (C3) con aproximadamente 13 años, cuenta con una sola planta, presenta patologías en paredes (humedad y fisuras), losa en buen estado, no tiene irregularidad en planta, ni ampliaciones	
E30 (1)	(1) Bar (2) Aulas Educación Básica Construcción con más de 50 años, es una estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada (S5) que presenta ampliaciones horizontales con igual sistema constructivo sus columnas presentan degradación de madera teniendo un estado de conservación regular.	
E31 (1)	(1) Aulas Estructura de construcción hormigón armado (C3) con aproximadamente 50 años, cuenta con una sola planta, presenta patologías en paredes (humedad y fisuras), la cubierta en estado regular, no tiene irregularidad en planta.	

E32 (1)	(1) Aulas inicial Estructuras prefabricada (MH) con aproximadamente 8 años de construcción, con una sola planta, presenta fisura y oxidación en vigas y columnas, manteniéndose en buen estado.	
E33 (1)	(1) Baños Construcción con más de 50 años con estructura de hormigón armado (C3) que no presenta irregularidades sus columnas presentan grietas por represión de fundación teniendo un estado de conservación regular.	
E34 (1)	(1) Aulas Educación Básica Construcción con más de 50 años, es una estructura de hormigón armado(C3) que presenta ampliaciones horizontales, sus columnas presentan degradación parcial teniendo un estado de conservación regular.	
E35 (1)	(1) Aulas Educación Básica Construcción con más de 50 años, es una estructura de madera(W1) que presenta ampliaciones horizontales, sus columnas presentan degradación grave teniendo un estado de conservación deficiente.	
E36 (1)	(1) Baños Inicial Construcción con más de 50 años con estructura de hormigón armado (C3), sus columnas presentan grietas por sobrecarga teniendo un estado de conservación regular con deficiente implementación de normas de accesibilidad inclusiva	
E37 (1)	(1) Aulas Educación Inicial Construcción con más de 50 años es una estructura de hormigón armado (C3) posee irregularidad en planta y ampliaciones horizontales, presenta patologías en columnas y vigas en forma de grietas teniendo un estado de conservación deficiente.	
E38 (1)	(1) Aulas Inicial (2) Comedor Construcción con más de 15 años es una estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada(S5) no posee irregularidades, no presenta patologías en sus elementos estructurales teniendo un estado de conservación Muy bueno	

Tabla 122. Vulnerabilidad Total de la U.E. Victoria Vascones Covi - Simón Bolívar - Elvira Ortega

Edificio	Uso	V	Elemento de Terreno	V Total
E1	Aulas	71,88	Alta	6 2,78
E2	Baños	63,79	Alta	2 0,82
E3	Aulas	70,62	Alta	5 2,28
E4	Aulas	70,83	Alta	5 2,28
E5	Aulas	74,63	Alta	6 2,89

E6	Aulas	70,62	Alta	5	2,28	
E7	Aulas	70,83	Alta	4	1,83	
E8	Oficinas	70,66	Alta	4	1,82	
E9	Aulas	67,42	Alta	3	1,30	
E10	Aulas	71,71	Alta	6	2,78	
E11	Aulas	62,82	Alta	5	2,03	
E12	Aulas	70,63	Alta	5	2,28	
E13	Aulas	76,10	Alta	3	1,47	
E14	Baños	72,73	Alta	3	1,41	
E15	Aulas	73,09	Alta	3	1,41	
E16	Aulas	71,82	Alta	3	1,39	
E17	Laboratorio	73,55	Alta	4	1,90	
E18	Coliseo	72,63	Alta	5	2,34	
E19	Laboratorio	72,47	Alta	4	1,87	
E20	Coliseo	43,00	Media	4	1,11	64,82
E21	Aulas	36,89	Baja	6	1,43	
E22	Aulas	69,91	Alta	5	2,26	
E23	Baño	71,05	Alta	2	0,92	
E24	Baños	69,46	Alta	2	0,90	
E25	Oficinas	70,12	Alta	5	2,26	
E26	Coliseo	69,66	Alta	6	2,70	
E27	Oficinas	70,11	Alta	4	1,81	
E28	Aulas	69,94	Alta	5	2,26	
E29	Aulas	36,68	Baja	4	0,95	
E30	Aula	71,44	Alta	4	1,84	
E31	Aulas	36,68	Baja	4	0,95	
E32	Aulas	25,49	Baja	5	0,82	
E33	Baños	72,73	Alta	2	0,94	
E34	Aulas	73,06	Alta	4	1,89	
E35	Bodega	72,34	Alta	1	0,47	
E36	Baños	69,58	Alta	2	0,90	
E37	Aulas	74,02	Alta	5	2,39	
E38	Comedor	34,24	Baja	4	0,88	

De los 38 edificios que componen la Unidad Educativa Victoria Vascones Covi - Simón Bolívar - Elvira Ortega, se ha determinado que 32 poseen una vulnerabilidad que supera el umbral de 60 puntos de vulnerabilidad. De acuerdo a las directrices establecidas en la guía de (Ballesteros & Caizaguano, 2020), estos edificios deben ser evaluados de una manera detallada mediante el procedimiento FEMA P-154.

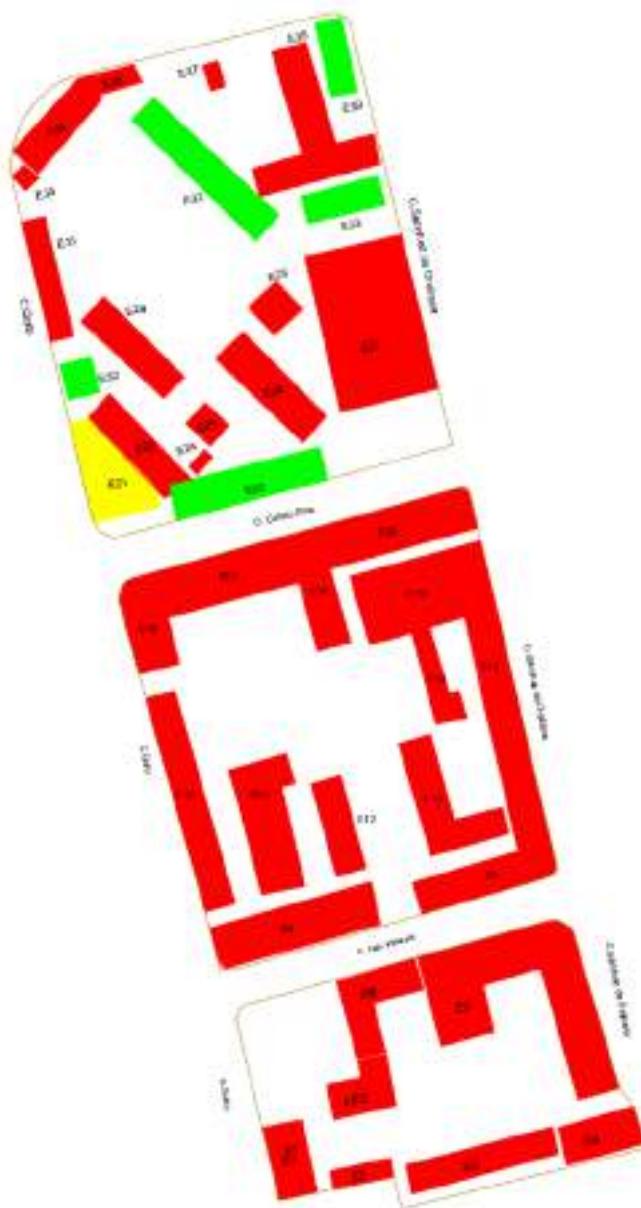


Figura 36. Esquema de Vulnerabilidad de la U.E. Victoria Vascones Cuvi - Simón Bolívar - Elvira Ortega

Tabla 123. Capacidad de respuesta de la U.E. Victoria Vascones Cuvi - Simón Bolívar - Elvira Ortega

Capacidad de Respuesta [Cr= 63,2]

60 < Cr < 80	Alto	Mantener el POE. Reuniones esporádicas	X
40 < Cr < 60	Medio	Reformular aspectos relevantes POE	
20 < Cr < 40	Bajo	Reformular completamente o crear POE	

Tabla 124. Riesgo global de la U.E. Victoria Vascones Cuvi - Simón Bolívar - Elvira Ortega

Coefficiente de Capacidad	Riesgo Global	Categoría
$Si Cr \leq 50 \rightarrow C = \frac{(Cr + 100) * (V + 240)}{48000}$	$Rg = \frac{V_{total}}{C} * NE$	D
$Si Cr > 50 \rightarrow C = \frac{(Cr + 100) * (170 - V)}{13500}$	X	NE = 1
C= 1,04	Rg=62,54	Estimación del riesgo global alto

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (Campus Belisario Quevedo)

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE campus Belisario Quevedo se encuentra constituido por seis bloques de los cuales detallaremos a continuación.

Tabla 125. Datos Generales de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Campus Belisario Quevedo
DATOS GENERALES

Nombre de la Unidad Educativa:	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Campus Belisario Quevedo		
Dirección:	Parroquia Belisario Quevedo calle Cesar León		
Coordenadas	Este	Norte	
	Bloque 1	768902.15 m	9889717.47 m
	Bloque 2	768929.78 m	9889606.57 m
	Bloque 3	769054.06 m	9889569.97 m
	Bloque 4	769056.66 m	9889543.51 m
	Bloque 5	768643.76 m	9889597.80 m
	Bloque 6	768997.82 m	9889730.58 m
Fecha de evaluación:	12/09/2023	Nº de Edificios:	11
Cota de Construcción aproximada	Bloques del 1 - 6	2820 msnm	Jornada: Matutina y Vespertina

Tabla 126. Descripción de los edificios de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Campus Belisario Quevedo

Código # de Pisos	Dependencias y Descripción	Fotografía

E1	(1) Laboratorio de Autotrónica Construcción de aproximadamente 14 años, de estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada (S5). Presenta algunas grietas en mampostería.	
E2	(1) Aulas Construcción de aproximadamente 14 años esta edificación es una estructura con marco de acero y muros de corte (S4). Presenta humedad en la losas, agrietamiento y fisuras tanto en paredes como en su mampostería.	
E3	(1) Laboratorio Construcción de aproximadamente 14 años, estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada (S5). El edificio presenta humedad en paredes y losa, grietas en esquinas de ventanas y puertas posee afectaciones tipo I. Se considera una estructura regular.	
E4	(1) Laboratorio Construcción de aproximadamente 14 años, estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada (S5). El edificio presenta humedad en paredes y losa, grietas en esquinas de ventanas y puertas posee afectaciones tipo I. Se considera una estructura regular tanto en planta como en elevación.	
E5	(1) Laboratorio La primera fase de construcción arranco en el año 2010, es una estructura tipo (S5). Presenta, grietas en mampostería en esquinas de ventanas y puertas, humedad en paredes y losas. El estado de conservación es Bueno.	

E6	(1) Aulas Construcción con más de 13 años de construcción es una estructura tipo (S4) presenta irregularidades en planta, podemos apreciar esquinas reentrantas sus paredes presentan grietas en mampostería y su estado de conservación es bueno.	
----	---	---



Figura 37. Croquis de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Campus Belisario Quevedo

Tabla 127. Vulnerabilidad Total de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Campus Belisario Quevedo.

Edificio	Uso	V	Elemento de Terreno	V Total
E1	Laboratorio	33,81	Baja	6
E2	Aulas	35,89	Baja	6
E3	Laboratorio	36,11	Baja	6
E4	Laboratorio	35,86	Baja	6
E5	Laboratorio	58,50	Media	6
E6	Laboratorio	34,78	Baja	6
				39,16

Se consideran 6 edificios que compone a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Campus Belisario Quevedo de los cuales tienen una vulnerabilidad que no excede el límite umbral de 60 puntos según las pautas de (Ballesteros & Caizaguano, 2020). Sin embargo, se estima que, con el fin de prevenir posibles inconvenientes a largo plazo y dado que son construcciones recientes, también es necesario evaluarlos mediante el procedimiento FEMA P-1000.



Figura 38. Esquema de Vulnerabilidad de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Campus Belisario Quevedo.

Tabla 128. Capacidad de respuesta de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (Campus Belisario Quevedo).

Capacidad de Respuesta [Cr= 68,00]

60 < Cr < 80	Alto	Mantener el POE. Reuniones esporádicas	X
40 < Cr < 60	Medio	Reformular aspectos relevantes POE	
20 < Cr < 40	Bajo	Reformular completamente o crear POE	

Tabla 129. Riesgo global de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (Campus Belisario Quevedo).

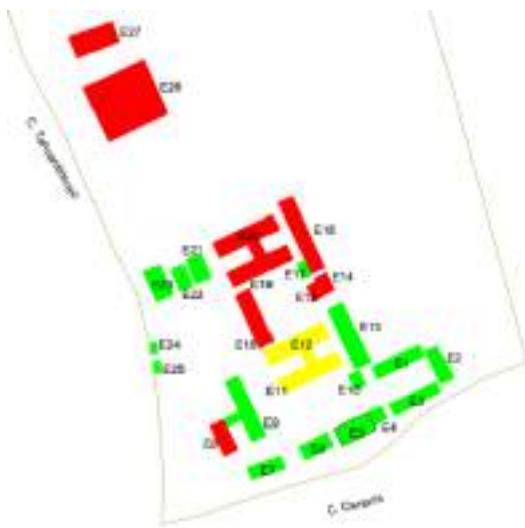
Coefficiente de Capacidad	Riesgo Global	Categoría
$\text{Si } Cr \leq 50 \rightarrow C = \frac{(Cr + 100) * (V + 240)}{10000}$	$Rg = \frac{V_{total}}{C} * NE$	D
$\text{Si } Cr > 50 \rightarrow C = \frac{(Cr + 100) * (170 - V)}{0,98 * 12500}$	X NE = 1 Rg=40,08	Estimación del riesgo global alto

Para las 15 escuelas restantes y dos universidades, se aplicó el mismo procedimiento detallado previamente, dando lugar a los resultados que se presentan a continuación.

Tabla 130. Esquemas de vulnerabilidad de las edificaciones de las U.E y Universidades.

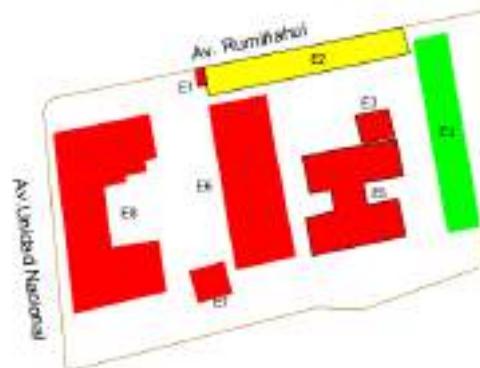
Esquema de Vulnerabilidad

Unidad Educativa Vicente León

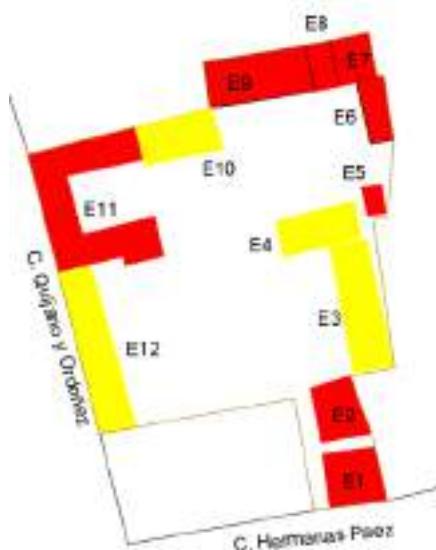


Esquema de Vulnerabilidad

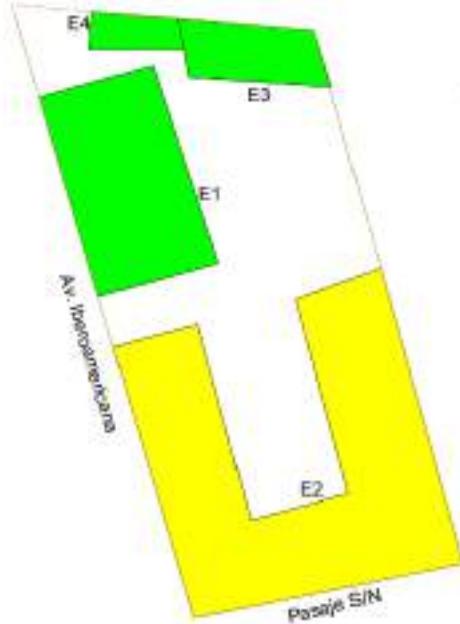
Unidad Educativa Ramon Barba Naranjo



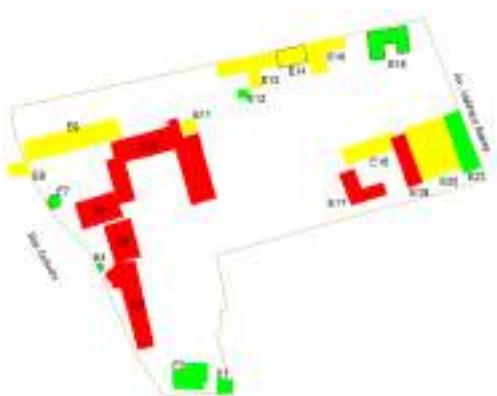
Escuela de Educación Básica Isidro Ayora



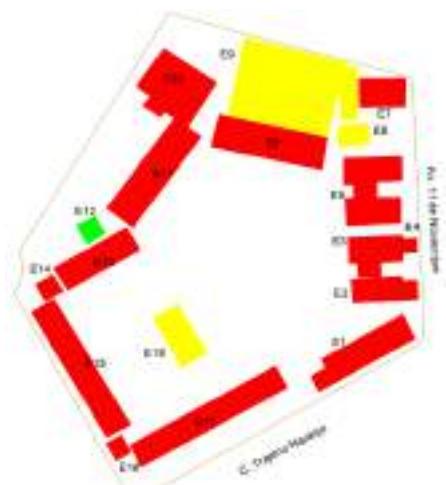
Unidad Educativa Monseñor Leónidas Proaño



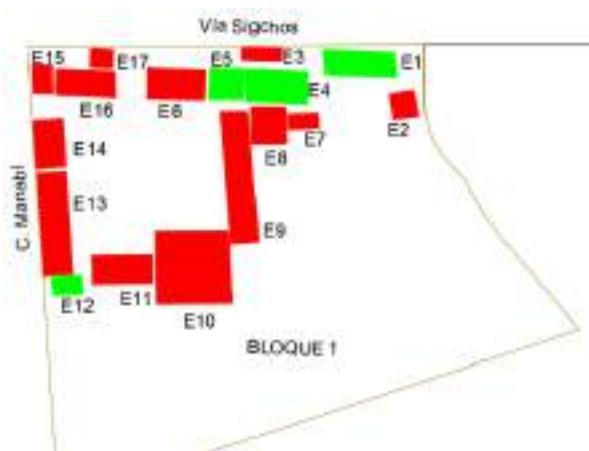
Unidad Educativa Hermano Miguel



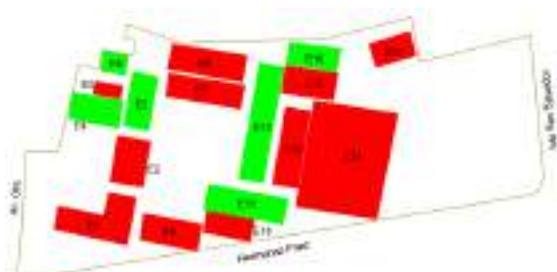
Unidad Educativa Luis Fernando Ruiz



Unidad Educativa Toacaso



Unidad Educativa Primero de Abril

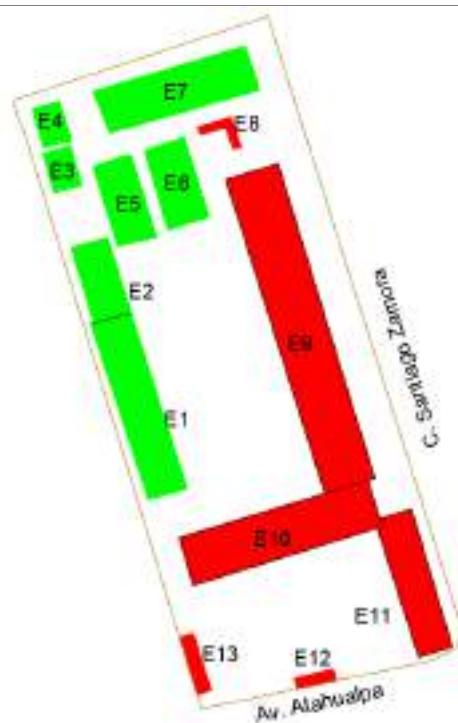


Unidad Educativa Ana Páez

Unidad Educativa Once de Noviembre



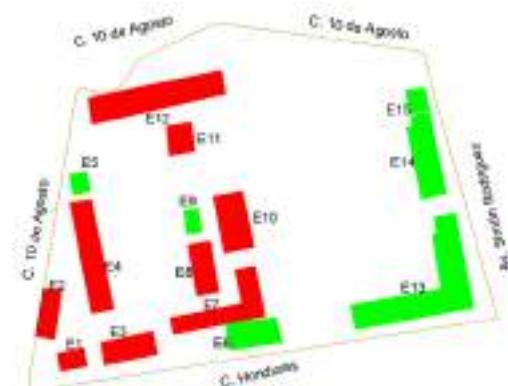
Unidad Educativa Fiscal FAE N°5



Unidad Educativa Juan Abel Echeverria



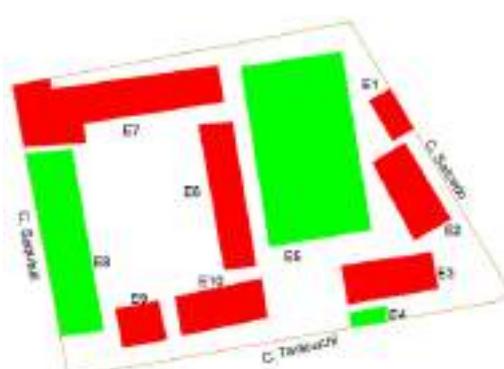
Unidad Educativa Dr Jose Velasco Ibarra



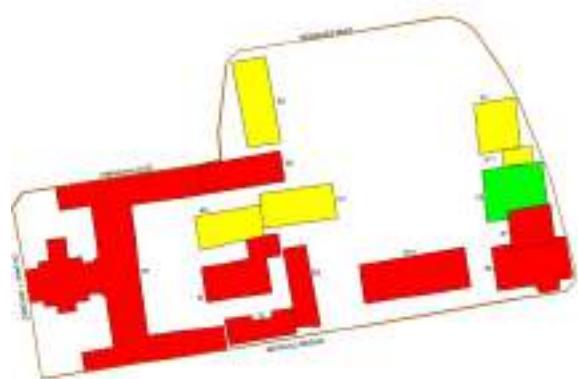
Unidad Educativa Jorge Icaza



Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (Campus)



Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede



Universidad Técnica de Cotopaxi Campus (Matriz, Latacunga)



Tabla 131. Resultados de las escuelas evaluadas en la ciudad de Latacunga

Nº	Nombre de Unidad Educativa	V total	Cr	C	Rg	Categoría
1	U.E Victoria Vásconez Cuvi - Simón Bolívar - Elvira Ortega	64,82	63,2	1,04	62,54	D
2	Unidad Educativa Vicente León	47,51	63,2	0,98	48,6	D
3	Unidad Educativa Ramon Barba Naranjo	57,31	63,2	1,01	56,7	D
4	Escuela de Educación Básica Isidro Ayora	54,36	63,2	1	54,31	D
5	Unidad Educativa Monseñor Leónidas Proaño	39,62	63,2	0,95	41,68	C
6	Unidad Educativa Hermano Miguel	51,32	63,2	0,99	51,81	D
7	Unidad Educativa Luis Fernando Ruiz	60,02	63,2	1,02	58,84	D
8	Unidad Educativa Toacaso	55,12	63,2	1	54,93	D
9	Unidad Educativa Primero de Abril	55,13	63,2	1	54,94	D
10	Unidad Educativa Ana Páez	46,41	63,2	0,97	47,66	D
11	Unidad Educativa Once de Noviembre	47,82	63,2	0,98	48,87	D
12	Unidad Educativa Fiscal FAE N°5	54,65	63,2	1	54,55	D

13	Unidad Educativa Juan Abel Echeverría	52,41	63,2	0,99	52,71	D
14	Unidad Educativa Dr. José María Velasco Ibarra	51,11	63,2	0,99	51,63	D
15	Unidad Educativa Jorge Icaza	58,01	63,2	1,01	57,25	D
16	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (Campus Belisario Quevedo)	39,16	68	0,98	40,08	C
17	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga (Campus Centro)	59,76	71,2	1,07	55,89	D
18	Universidad Técnica de Cotopaxi. Campus Matriz, Latacunga	60,11	72	1,08	55,9	D

Tabla 132. Porcentajes de Edificaciones según su norma de construcción

	Año de Construcción				Sin Norma
	NEC 2015	CEC 2000	CEC 77		
Nº de Edificios	25	111	118	53	
Porcentaje	8,14%		36,16%		38,44% 17,26%

Tabla 133 Riesgo Global de la Universidad Nacional de Chimborazo. Porcentajes de tipo de estructuras

	Tipo de estructura					
	W1	S5	C3	MX	URM	MH
Nº de Edificios	4	90	187	12	7	7
Porcentaje	1,30%	29,32%	60,91%	3,91%	2,28%	2,28%

Tabla 134. Porcentajes de estado de conservación general de las edificaciones

	Estado de conservación de las edificaciones			
	Muy bueno	Bueno	Regular	Deficiente
Nº de Edificios	10	150	126	21
Porcentaje	3,26%	48,86%	41,04%	6,84%

Tabla 135. Porcentajes de las Unidades Educativas según el cumplimiento de parámetros de puertas y ventanas

Puertas de salida, o de emergencia y ventanas		
	Cumple	No cumple
Nº de Edificios	9	298
Porcentaje	2,93%	97,07%

Tabla 136. Porcentajes de las Unidades Educativas según el cumplimiento de accesibilidad inclusiva

Accesibilidad inclusiva		
	Cumple	No cumple
Nº de Edificios	7	300
Porcentaje	2,28%	97,72%

Tabla 137. Porcentajes de categoría de Unidades educativas según Riesgo Global

Categoría	C	D
Nº de Instituciones	2	16
Porcentaje	11,11%	88,89%

PARTE 4 RESULTADOS AMBATO

Para la ciudad de Ambato llevó a cabo un total de nueve evaluaciones en Instituciones Educativas, Institutos tecnológicos y Universidades de mayor población estudiantil, utilizando la guía de por (Ballesteros & Caizaguano, 2020). Dichas Instituciones educativas y universidades, se detallan a en la tabla 74.

Tabla 138. Instituciones evaluadas en Ambato

Nombre de la Unidad Educativa	Este [m]	Norte [m]	Altitud [m]
Pontificia Universidad Católica del Ecuador	762776.50	9859066.86	2779
Universidad Técnica de Ambato	764208.42	9859556.85	2729
Universidad Técnica de Ambato - Sede Ingahurco	765264.50	9863465.76	2541
Instituto Superior Tungurahua	765812.35	9859687.01	2666
Instituto Superior Tungurahua – Sede Picailhua	768750.29	9858797.27	2590
Instituto Superior Tungurahua – Sede Oriente	764713.65	9861719.91	2635
Unidad Educativa Hispano América	764629.93	9862327.97	2616
Unidad Educativa La Providencia	764112.45	9862627.17	2580
Unidad Educativa Rodríguez Albornoz	763256.11	9861668.52	2639

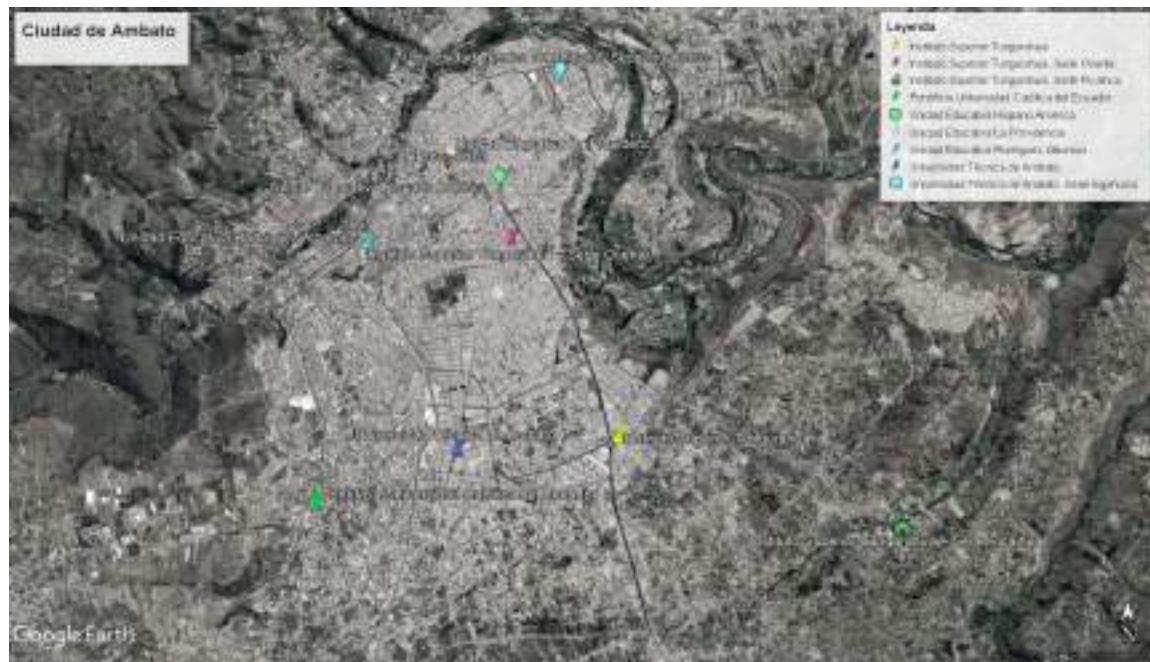


Figura 39. Mapa de Unidades Educativas y Universidades seleccionadas en Ambato

4.1 Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Se toma como referencia la “Pontificia Universidad Católica del Ecuador”, a continuación, se exponen los resultados obtenidos con relación a la vulnerabilidad, el riesgo sísmico y su respectiva categorización:

Tabla 139. Datos Generales de la "Pontificia Universidad Católica del Ecuador"

DATOS GENERALES		
Nombre de la Unidad Educativa:	Pontificia Universidad Católica del Ecuador	
Dirección:	Av. Manuelita Sáenz y Av. Ernesto López. Ambato EC180207	
Sitio de referencia:	Complejo Judicial de Ambato	
Coordenadas	Este 762776.50	Norte 9859066.86
Fecha de evaluación:	10/ 11/2023	Nº de Edificios: 9
Cota de Construcción aproximada	2779msnm	Jornada: Matutina y Vespertina

Tabla 140. Descripción de los edificios de la " Pontificia Universidad Católica del Ecuador "

Código # de Pisos	Dependencias y Descripción	Evidencia
E1 (10)	(1): Aulas Edificio con estructura de acero sin refuerzo muros de relleno de mampostería (S5) de aproximadamente 23 años de construcción, no presenta ningún tipo de irregularidad planta-elevación, en cuanto a las patologías la estructura no presenta afectaciones tipo I en vigas, columnas y losa. La edificación presenta la aplicación de normativa para accesibilidad inclusiva para salidas de emergencia. En general la estructura tiene un estado de conservación muy bueno.	
E2 (3)	(1): Aulas Estructura de hormigón armado (C3) de aproximadamente 25 años de construcción, presenta irregularidad en planta, pero ninguna ampliación, en cuanto a las patologías la estructura no presenta afectaciones tipo I en vigas, columnas y losa, así como patologías tipo II en paredes; grietas, fisuras y humedad. La edificación presenta deficiente tipo de aplicación de normativa para accesibilidad inclusiva y para salidas de emergencia. En general la estructura tiene un estado de conservación bueno.	
E3 (1)	(1): Laboratorio Estructura de hormigón armado (C3) de aproximadamente 25 años de construcción, no presenta ningún tipo de irregularidad ni ampliación, en cuanto a las patologías la estructura no presenta afectaciones tipo I en vigas, columnas y losa, así como patologías tipo II en paredes; grietas, fisuras y humedad. La edificación no presenta ningún tipo de aplicación de normativa para accesibilidad inclusiva y para salidas de emergencia. En general la estructura tiene un estado de conservación regular.	

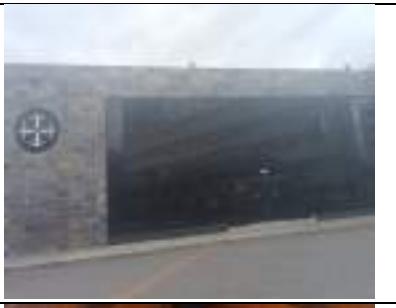
E4 (4)	<p>(1): Aulas</p> <p>Estructura de hormigón armado (C3) de aproximadamente 25 años de construcción, no presenta tipo de irregularidad en planta ni ampliación horizontal, en cuanto a las patologías la estructura no presenta afectaciones tipo I en vigas, columnas y losa, así como patologías tipo II en paredes; grietas, fisuras y humedad. La edificación presenta todo tipo de aplicación de normativa para accesibilidad inclusiva y para salidas de emergencia. En general la estructura tiene un estado de conservación muy bueno.</p>	
E5 (3)	<p>(1): Oficinas</p> <p>Estructura de hormigón armado (C3) de aproximadamente 25 años de construcción, presenta irregularidad en planta, pero ninguna ampliación, en cuanto a las patologías la estructura no presenta afectaciones tipo I en vigas, columnas y losa, así como patologías tipo II en paredes; grietas, fisuras y humedad. La edificación presenta todo tipo de aplicación de normativa para accesibilidad inclusiva y para salidas de emergencia. En general la estructura tiene un estado de conservación muy bueno.</p>	
E6 (1)	<p>(1): Aulas</p> <p>Estructura de madera clara (W1) de aproximadamente 25 años de construcción, presenta irregularidad en planta, pero ninguna ampliación, en cuanto a las patologías la estructura no presenta afectaciones tipo I en vigas, columnas y losa, así como patologías tipo II en paredes; grietas, fisuras y humedad. La edificación presenta todo tipo de aplicación de normativa para accesibilidad inclusiva y para salidas de emergencia. En general la estructura tiene un estado de conservación muy bueno.</p>	
E7 (1)	<p>(1): Cafetería</p> <p>Estructura de hormigón armado (C3) de aproximadamente 25 años de construcción, no presenta irregularidad en planta, y ninguna ampliación, en cuanto a las patologías la estructura no presenta afectaciones tipo I en vigas, columnas y losa, así como patologías tipo II en paredes; grietas, fisuras y humedad. La edificación presenta todo tipo de aplicación de normativa para accesibilidad inclusiva y para salidas de emergencia. En general la estructura tiene un estado de conservación muy bueno.</p>	
E8 (3)	<p>(1): Enfermería</p> <p>Estructura de hormigón armado (C3) de aproximadamente 25 años de construcción, no presenta irregularidad en planta, y ninguna ampliación, en cuanto a las patologías la estructura no presenta afectaciones tipo I en vigas, columnas y losa, así como patologías tipo II en paredes; grietas, fisuras y humedad. La edificación presenta todo tipo de aplicación de normativa para accesibilidad inclusiva y para salidas de emergencia. En general la estructura tiene un estado de conservación muy bueno.</p>	
E9 (1)	<p>(1): Coliseo</p> <p>Edificio con estructura de acero sin refuerzo</p> <p>muros de relleno de mampostería (S5) de aproximadamente 23 años de construcción, no presenta ningún tipo de irregularidad planta-elevación, en cuanto a las patologías la estructura no presenta afectaciones tipo I en vigas, columnas y losa. La edificación presenta la aplicación de normativa para accesibilidad inclusiva para salidas de emergencia. En general la estructura tiene un estado de conservación muy bueno.</p>	

Tabla 141. Descripción de los edificios de la "Pontificia Universidad Católica del Ecuador"

Edificio	Uso	V		Elemento de Terreno	V Total	
E1	Aulas	34.67		Baja	4	3,46
E2	Aulas	57.71		Media	6	8,66
E3	Laboratorio	68.92		Alta	3	5,17
E4	Aulas	59.18		Media	6	2,28
E5	Oficinas	57.77		Media	5	8,88
E6	Aulas	57.13		Media	4	7,22
E7	Cafetería	57.13		Media	4	5,71
E8	Enfermería	57.13		Media	4	5,71
E9	Coliseo	57.13		Media	4	5,71

De los nueve edificios que conforman la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, se ha constatado que 1 edificio presenta una vulnerabilidad que excede los 60 puntos. Conforme a las directrices establecidas en la guía de referencia (Ballesteros & Caizaguano, 2020), es imperativo evaluar estos edificios, aplicando el protocolo detallado en el procedimiento FEMA P-154.

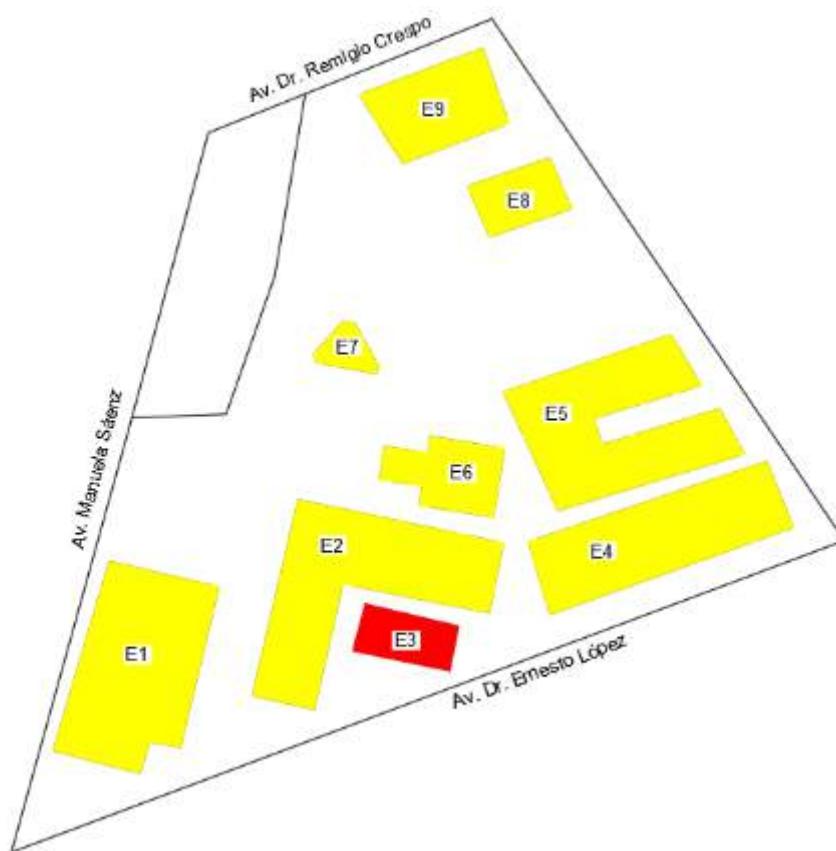


Figura 40. Esquema de vulnerabilidad de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Tabla 142. Capacidad de respuesta " Pontificia Universidad Católica del Ecuador "

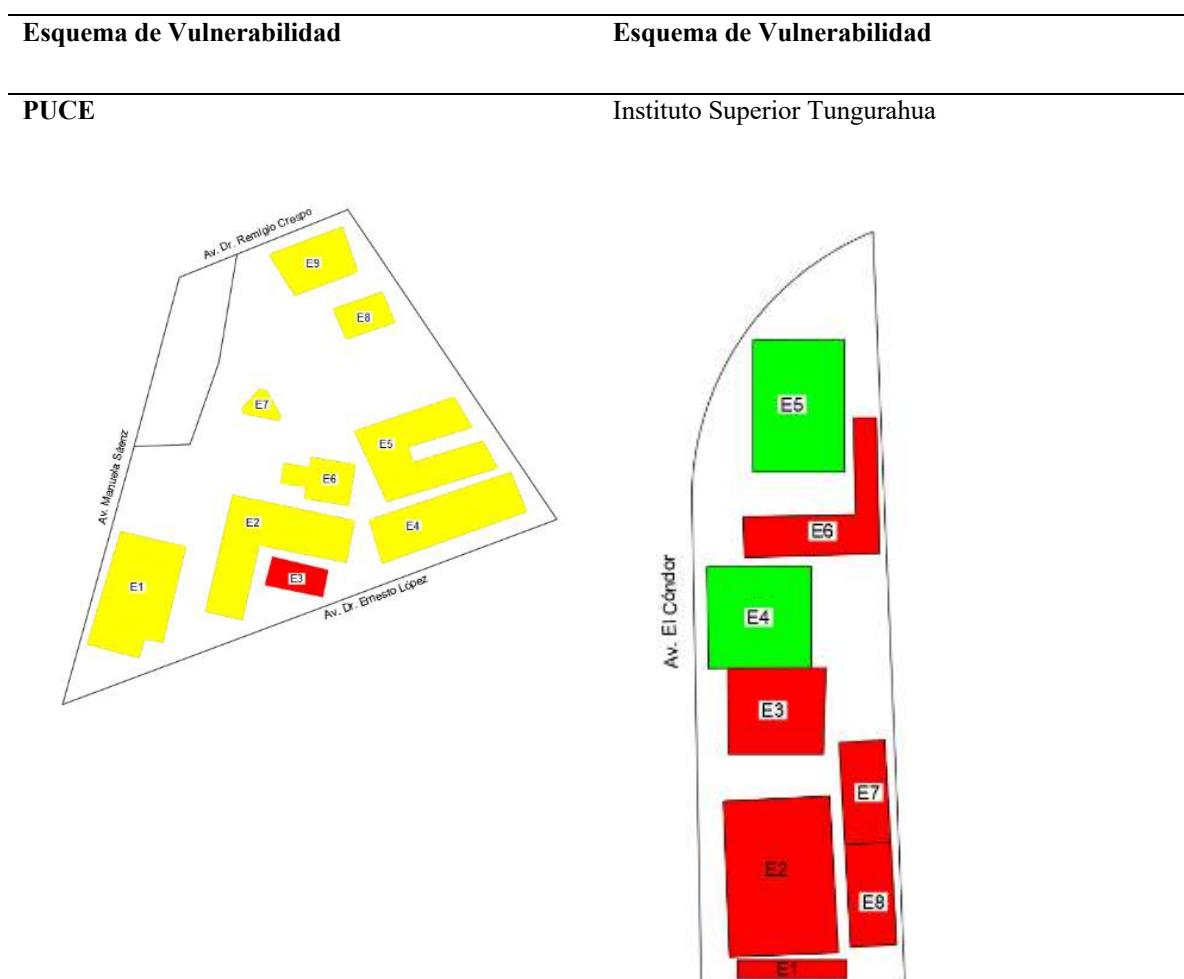
Capacidad de Respuesta [Cr= 80,00]				
60 < Cr < 80	Alto	Mantener el POE. Reuniones esporádicas		X
40 < Cr < 60	Medio	Reformular aspectos relevantes POE		
20 < Cr < 40	Bajo	Reformular completamente o crear POE		

Tabla 143. Riesgo global de la " Pontificia Universidad Católica del Ecuador "

Coefficiente de Capacidad	Riesgo Global	Categoría
$Si Cr \leq 50 \rightarrow C = \frac{(Cr + 100) * (V + 240)}{48000}$	$Rg = \frac{V_{total}}{C} * NE$	C
$Si Cr > 50 \rightarrow C = \frac{(Cr + 100) * (170 - V)}{13500}$	X	NE = 1
C= 1,11	Rg=50,62	Estimación del riesgo global moderado alto

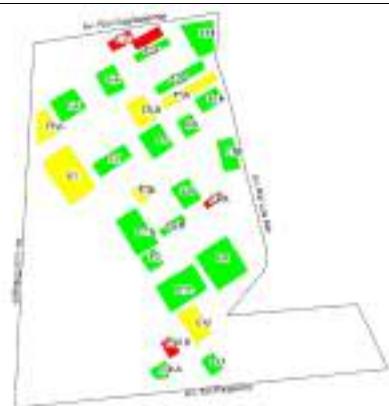
Este proceso fue replicado para las instituciones educativas restantes en la ciudad de Ambato.

Tabla 144. Esquemas de vulnerabilidad de las instituciones educativas de Ambato

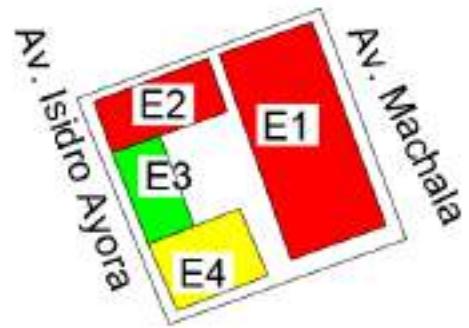


Universidad Técnica de Ambato

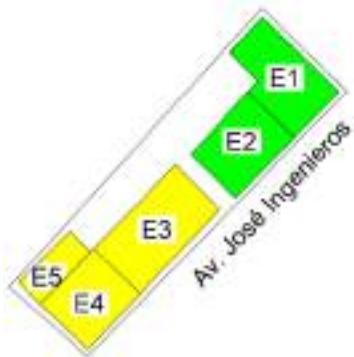
IST - Sede Picaibo



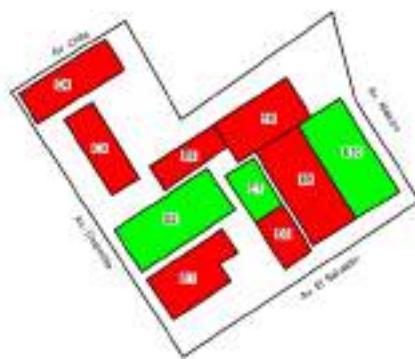
IST - Sede Oriente



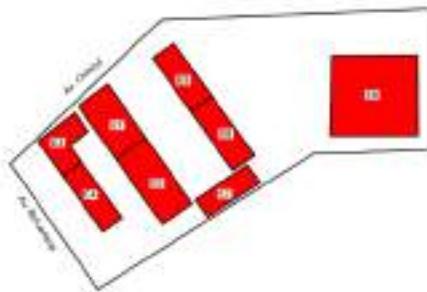
UTA – Sede Ingahurco



Unidad Educativa Hispano América



Unidad Educativa La Providencia



Unidad Educativa Rodríguez Albornoz



Tabla 145. Resultados de las Unidades Educativas y Universidades evaluadas en la ciudad de Ambato

Nº	Nombre de la Unidad Educativa	V total	Cr	C	Rg	Categoría
1	Pontificia Universidad Católica del Ecuador	56,24	80	1,11	50,62	D
2	Universidad Técnica de Ambato	42,37	80	1,06	40,01	C
3	Universidad Técnica de Ambato - Sede Ingahurco	55,78	80	1,11	53,4	D
4	Instituto Superior Tungurahua	63,91	68,8	1,07	59,8	C
5	Instituto Superior Tungurahua – Sede Picaihua	56,02	68,8	1,04	53,81	D
6	Instituto Superior Tungurahua – Sede Oriente	49,91	68,8	1,02	48,96	D
7	Unidad Educativa Hispano América	68,33	63,2	1,05	66,13	C
8	Unidad Educativa La Providencia	71,91	68	1,09	65,87	D
9	Unidad Educativa Rodríguez Albornoz	45,53	68	0,99	43,87	C

Tabla 146. Porcentajes de Edificaciones según su norma de construcción

Año de Construcción	NEC 2015	CEC 2000	CEC 77	Sin Norma
	Nº de Edificios	6	29	77
	Porcentaje	7,23%	34,94%	20,48%
				37,35%

Tabla 148. Porcentajes de tipo de estructuras

Tipo de estructura	W1	S3	S4	S5	C3	MX
	Nº de Edificios	8	6	4	25	40
	Porcentaje	9,64%	7,23%	4,82%	30,12%	48,19%
					0,00%	

Tabla 149. Porcentajes de estado de conservación general de las edificaciones

Estado de conservación de las edificaciones	Muy bueno	Bueno	Regular	Deficiente
	Nº de Edificios	30	40	13
	Porcentaje	36,14%	48,19%	15,56%
				0,00%

Tabla 150. Porcentajes de las Unidades Educativas según el cumplimiento de parámetros de puertas y ventanas

Puertas de salida, o de emergencia y ventanas	Cumple	No cumple
	Nº de Edificios	63

Porcentaje	75,90%	24,10%
------------	--------	--------

Tabla 151. Porcentajes de las Unidades Educativas según el cumplimiento de accesibilidad inclusiva

Accesibilidad inclusiva		
	Cumple	No cumple
Nº de Edificios	70	13
Porcentaje	84,34%	15,66%

Tabla 152. Porcentajes de categoría de Unidades educativas y universidades según Riesgo Global

Categoría		
	C	D
Nº de Instituciones	4	5
Porcentaje	45%	55%

PARTE 5. RESULTADOS RIOBAMBA

Se realizaron un total de cinco evaluaciones en instituciones educativas y universidades situadas en el cantón Riobamba, utilizando la guía desarrollada (Ballesteros & Caizaguano, 2020). A continuación, se proporciona un desglose detallado de estas instituciones educativas y universidades.

Tabla 153. Unidades Educativas y Universidades seleccionadas en Riobamba

Nombre de la Unidad Educativa	Este [m]	Norte [m]	Altitud [m]
Capitán Edmundo Chiriboga	760468,9	9814368,00	2759
Carlos Cisneros	763128,6	185389,4	2739
Riobamba	782789,69	9966708,94	2788
UNACH	762235,0	182745,60	2782
ESPOCH	758091,0	183017,20	2832

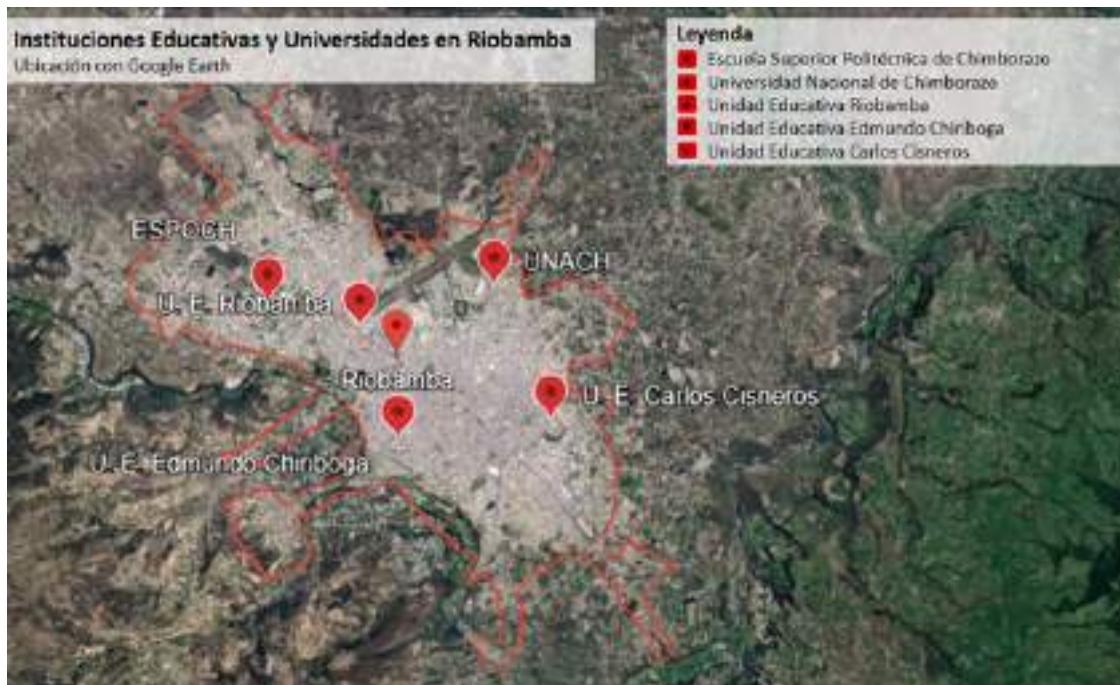


Figura 41. Mapa de unidades educativas y universidades seleccionadas en Riobamba (Google Earth).

A continuación, se detallan minuciosamente los resultados obtenidos para cada institución, empezando con la UNACH.

5.1 Universidad Nacional de Chimborazo

La Universidad Nacional de Chimborazo se encuentra ubicada entre la Av. Antonio José de Sucre, Km 1,5 Vía a Guano conformada por 21 edificios en total.

Tabla 154. Datos Generales de la UNACH

DATOS GENERALES			
Nombre de la Unidad Educativa:			UNACH
Dirección:			Av. Antonio José de Sucre, Km 1,5 Vía a Guano.
Sitio de referencia:			Frente al paseo shopping Riobamba.
Coordenadas:	Este: 768627,4	Norte: 9889590,60	
Fecha de evaluación:	13 /11/2023	Nº de Edificios:	21
Cota de Construcción aproximada	2820 msnm	Jornada:	Matutina

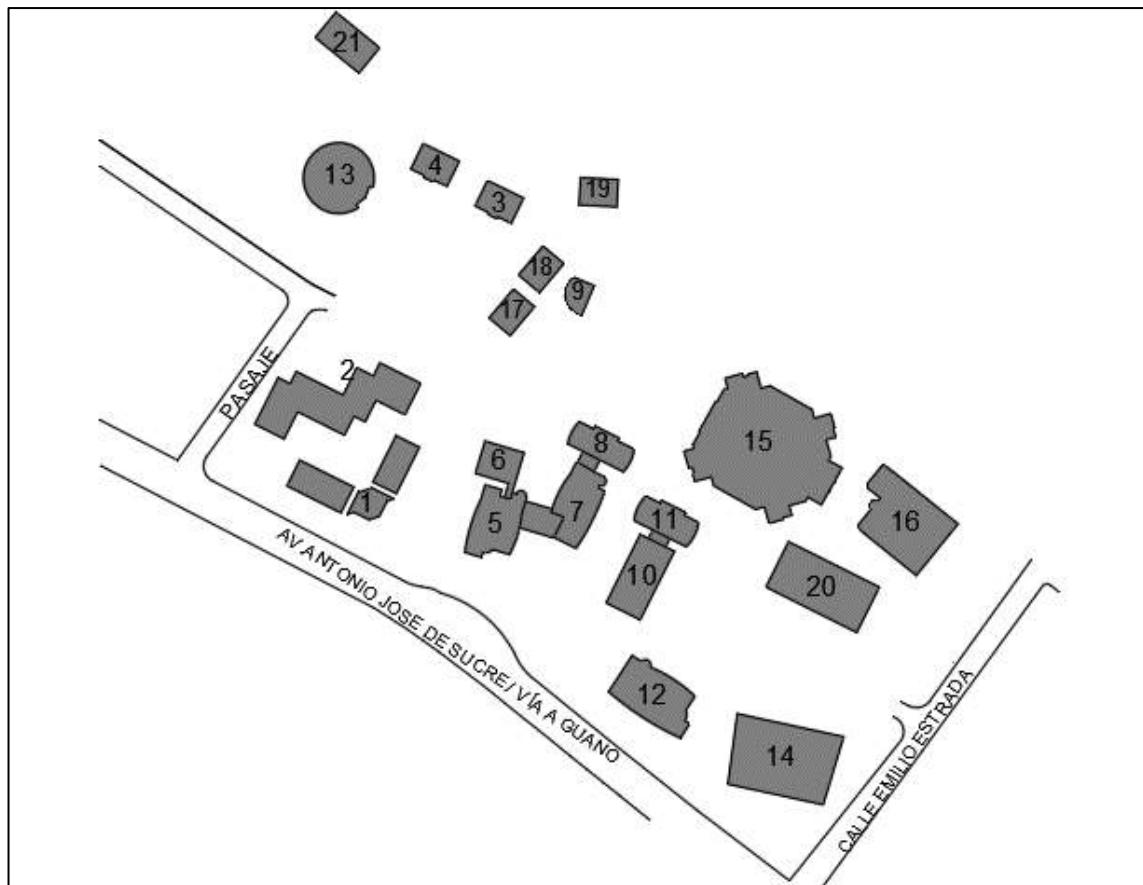


Figura 42. Croquis de la Universidad Nacional de Chimborazo

Tabla 155. Descripción de los edificios de la UNACH

Código # de Pisos	Dependencias y Descripción	Evidencia
E1 (3)	<p>(1,2,3): Bloque “A” Aulas, Laboratorios, Baterías Sanitarias.</p> <p>Construcción aproximada: 26 años. Estructura de hormigón armado (C3). Grietas verticales en fachadas, humedad localizada. Presenta esquinas reentrantas. Estado de la edificación y cubierta bueno. Accesibilidad inclusiva implementada.</p>	
E2 (2)	<p>(1,2): Bloque “B” Aulas, Laboratorios, Baterías Sanitarias.</p> <p>Construcción aproximada: 26 años. Estructura de hormigón armado (C3). Presenta esquinas reentrantas. Estado de la edificación y cubierta bueno. Accesibilidad Inclusiva implementada.</p>	
E3 (2)	<p>(1,2): Bloque “C” Aulas, Laboratorios, Baterías Sanitarias, Espacios de trabajo individual.</p> <p>Construcción aproximada: 26 años. Estructura de hormigón armado (C3). Presenta esquinas reentrantas. Estado de la edificación y cubierta bueno. Accesibilidad Inclusiva deficiente.</p>	
E4 (3)	<p>(1,2,3): Bloque “D” Aulas, Baterías Sanitarias.</p> <p>Construcción aproximada: 26 años. Estructura de hormigón armado (C3). Estado de la edificación y cubierta bueno. Accesibilidad Inclusiva implementada.</p>	

E5 (4)	<p>(1,2,3,4): Bloque "E" Aulas, Laboratorios, Espacios de trabajo individual, Espacios de trabajo colectivo.</p> <p>Construcción aproximada: 26 años. Estructura de hormigón armado (C3) y acero estructural (S3). Presenta esquinas reentrantas. Estado de la edificación y cubierta bueno. Accesibilidad Inclusiva implementada.</p>	
E6 (2)	<p>(1,2): Bloque "F" Aulas, Laboratorios, Espacios de trabajo individual, Espacios de trabajo colectivo.</p> <p>Construcción aproximada: 26 años. Estructura de hormigón armado (C3) y acero estructural (S3). Estado de la edificación y cubierta bueno. Accesibilidad Inclusiva implementada.</p>	
E7 (4)	<p>(1,2,3,4): Bloque "G" Aulas, Laboratorios, Baterías Sanitarias espacios de trabajo individual, espacios de trabajo colectivo.</p> <p>Construcción aproximada: 26 años. Estructura de hormigón armado (C3) y acero estructural (S3). Presenta esquinas reentrantas. Grietas verticales en fachadas y en esquinas de ventanas y puertas, estado de la edificación y cubierta regular. Accesibilidad Inclusiva implementada.</p>	
E8 (4)	<p>(1,2,3,4): Bloque "H" Aulas, Laboratorios, Baterías Sanitarias espacios de trabajo individual, espacios de trabajo colectivo.</p> <p>Construcción aproximada: 26 años. Estructura de hormigón armado (C3) y acero estructural (S3). Grietas verticales en fachadas y en esquinas de ventanas y puertas, estado de la edificación y cubierta regular. Accesibilidad Inclusiva implementada.</p>	

E9 (3)	<p>(1,2,3): Bloque “I” Teatro, Baterías Sanitarias.</p> <p>Construcción aproximada de 15 años. Estructura de hormigón armado (C3) y MX. Grietas inclinadas en fachadas, humedad localizada. Estado de la edificación y cubierta buena. Accesibilidad Inclusiva deficiente.</p>	
E10 (4)	<p>(1,2,3,4): Bloque “J” Aulas, Baterías Sanitarias</p> <p>Construcción aproximada de 26 años. Estructura de hormigón armado (C3) y acero estructural con arriostramiento (S2). Grietas en esquinas de ventanas y puertas, humedad localizada. Patologías visibles vigas. Estado de la edificación y cubierta buena. Accesibilidad Inclusiva implementada.</p>	
E11 (4)	<p>(1,2,3,4): Bloque “K” Aulas, Laboratorios, Baterías Sanitarias</p> <p>Construcción aproximada de 26 años. Estructura (C3). Grietas en esquinas de ventanas y puertas, humedad localizada. Estado de la edificación y cubierta muy bueno. Accesibilidad Inclusiva implementada.</p>	
E12 (4)	<p>(1,2,3,4): Bloque “Administrativo” Espacios de trabajo individual, Espacio de docentes, Baterías Sanitarias.</p> <p>Construcción aprox. de 10 años. Estructura (C3). Columnas sin presencia de patologías. Estado de la edificación y cubierta muy bueno. Accesibilidad Inclusiva implementada.</p>	

E13 (3)	<p>(1,2,3): Edificio “DTIC” Biblioteca, Laboratorios, Baterías Sanitarias.</p> <p>Construcción aproximada de 10 años. Estructura de hormigón armado (C3). Vigas no alineadas con las columnas o abertura en diafragmas. Grietas en esquinas de ventanas y puertas, humedad localizada Estado de la edificación y cubierta bueno. Accesibilidad Inclusiva implementada.</p>	
E14 (2)	<p>(1,2): “Auditorio” Asociación de Trabajadores, Asociación de Empleados, Aulas, baterías sanitarias.</p> <p>Construcción aproximada de 10 años. Estructura de hormigón armado (C3). Estado de la edificación y cubierta bueno. Accesibilidad inclusiva implementada.</p>	
E15 (1)	<p>(1): “Coliseo”, Baterías Sanitarias.</p> <p>Construcción aprox. de 16 años. Estructura de hormigón armado (C3) y (S3). Presenta esquinas reentrantes. Grietas en esquinas de ventanas y puertas, humedad localizada. Estado de la edificación y cubierta buena. Accesibilidad Inclusiva implementada.</p>	
E16 (1)	<p>(1): “Piscinas” Baterías sanitarias.</p> <p>Construcción aproximada de 10 años. Estructura de hormigón armado (C3) y (S3). Estado de la edificación y cubierta bueno. Accesibilidad Inclusiva implementada.</p>	

E17 (1)	(1): Bodega Construcción aproximada de 27 años. Estructura de hormigón armado y acero y madera (MX). Grietas en esquinas de ventanas y puertas, humedad localizada. Estado de la edificación bueno y cubierta regular. Accesibilidad Inclusiva deficiente.	
E18(1)	(1) Bodega Construcción aproximada de 10 años. Estructura de hormigón armado y acero estructural. No presenta patologías. Estado de la edificación bueno y cubierta regular. Accesibilidad Inclusiva deficiente.	
E19 (2)	(1,2): Bodega, Baterías Sanitarias. Construcción aproximada de 26 años. Estructura de hormigón armado. Grietas en esquinas de ventanas y puertas, humedad localizada. Estado de la edificación bueno y cubierta regular. Accesibilidad Inclusiva no implementa.	
E20 (8)	(11,2,3,4,5,6,7): Bloque "L" Oficinas, Aulas, baterías sanitarias. La construcción de este edificio fue en el 2016. Estructura de hormigón armado y acero estructural. Patologías en losas y columnas visibles. Estado de la edificación regular. Accesibilidad Inclusiva implementada.	

E21 (1)	(1): Nave de Mantenimiento La construcción de este edificio fue en el año 2020. Estructura de hormigón armado y acero estructural. No presenta patologías. Estado de la edificación y cubierta bueno. Acceso Inclusivo implementado.	
---------	---	--

Tabla 156. Vulnerabilidad Total de UNACH de Riobamba

Edificio	Uso	V	Elemento de Terreno	V Total
1	<i>Aulas</i>	58,99	Media	6 3,28 55,99
2	<i>Aulas</i>	59,00	Media	6 3,28
3	<i>Aulas</i>	58,93	Media	6 3,27
4	<i>Aulas</i>	58,93	Media	6 3,27
5	<i>Aulas</i>	59,00	Media	6 3,28
6	<i>Laboratorio</i>	59,00	Media	6 3,28
7	<i>Laboratorio</i>	59,00	Media	6 3,28
8	<i>Aulas</i>	59,00	Media	6 3,28
9	<i>Aulas</i>	59,00	Media	6 3,28
10	<i>Aulas</i>	59,00	Media	6 3,28
11	<i>Aulas</i>	59,00	Media	6 3,28
12	<i>Oficinas</i>	58,99	Media	6 3,28
13	<i>Laboratorio</i>	59,36	Media	6 3,30
14	<i>Aula</i>	59,11	Media	6 3,28
15	<i>Coliseo</i>	59,94	Media	6 3,33
16	<i>Coliseo</i>	59,22	Media	5 2,74
17	<i>Bodega</i>	58,82	Media	1 0,54
18	<i>Bodega</i>	34,35	Baja	1 0,32
19	<i>Bodega</i>	36,86	Baja	1 0,34
20	<i>Aulas</i>	35,29	Baja	6 1,96
21	<i>Oficinas</i>	22,91	Baja	4 0,85

De los 21 edificios que forman parte de la Universidad Nacional de Chimborazo, se ha determinado que ningún edificio supera los 60 puntos de vulnerabilidad.

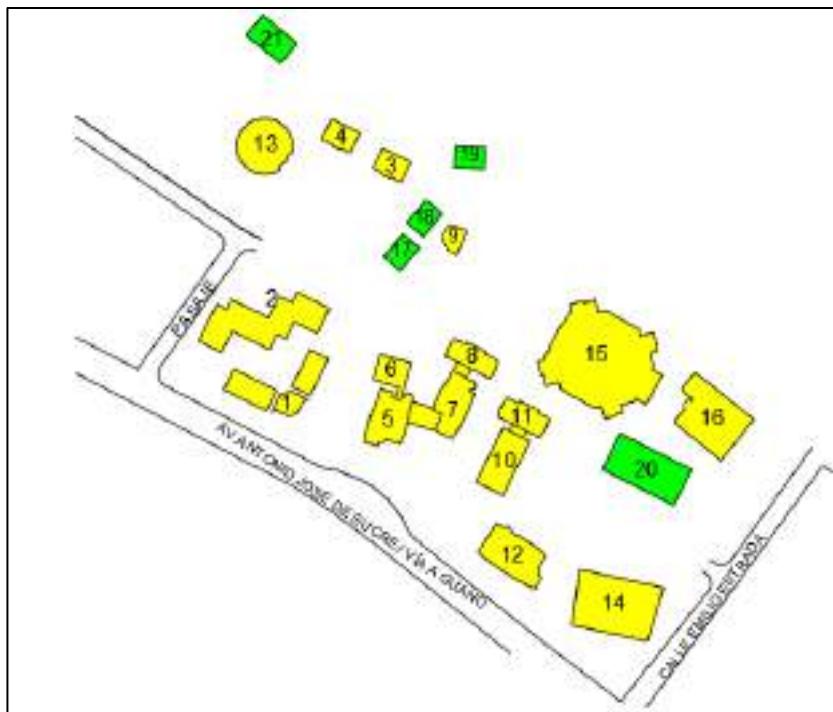


Figura 43. Esquema de Vulnerabilidad de la Universidad Nacional de Chimborazo. La figura muestra el esquema de vulnerabilidad medio y bajo de la *Universidad Nacional de Chimborazo*.

Tabla 157. Capacidad de respuesta de la *Universidad Nacional de Chimborazo*

Capacidad de Respuesta [Cr= 72,8]			
60 < Cr < 80	Alto	Mantener el POE. Reuniones esporádicas	X
40 < Cr < 60	Medio	Reformular aspectos relevantes POE	
20 < Cr < 40	Bajo	Reformular completamente o crear POE	

Tabla 158. Riesgo Global de la Universidad Nacional de Chimborazo

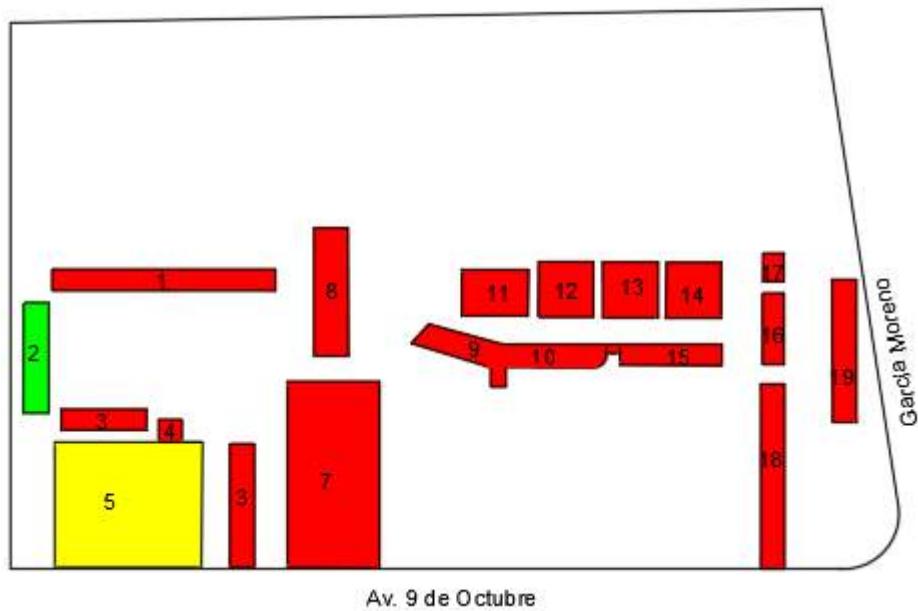
Coeficiente de Capacidad	Riesgo Global	Categoría
$Si Cr \leq 50 \rightarrow C = \frac{(Cr + 100) * (V + 240)}{48000}$	$Rg = \frac{V_{total}}{C} * NE$	D
$Si Cr > 50 \rightarrow C = \frac{(Cr + 100) * (170 - V)}{13500}$	X NE = 1	Estimación del riesgo global alto
$C = 1,07$	$Rg = 52,54$	

Para las 3 unidades educativas y 1 universidad restantes se realizó el mismo procedimiento detallado previamente, dando lugar a los resultados que se presentan a continuación.

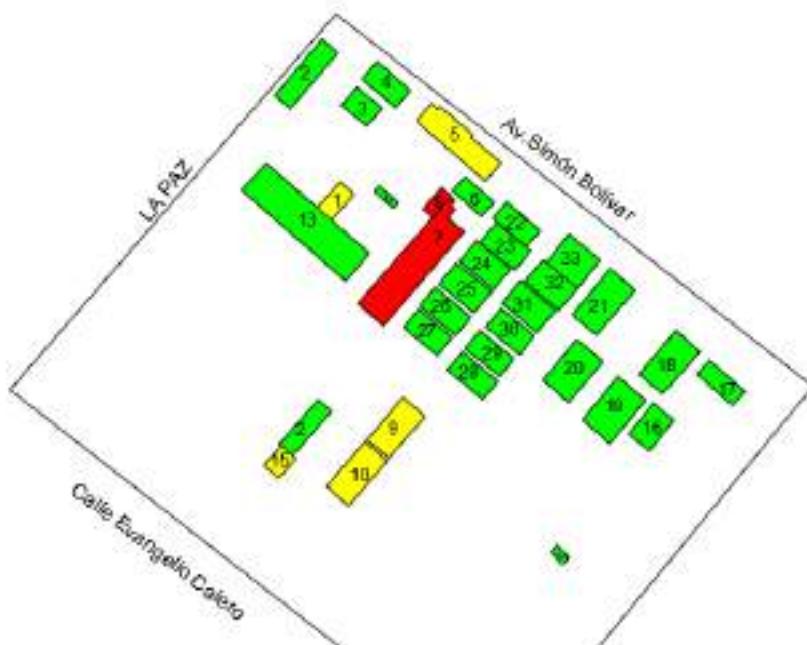
Tabla 159. Esquemas de Vulnerabilidad de las Edificaciones de las Unidades Educativas Públicas de Riobamba y universidades

Esquema de Vulnerabilidad

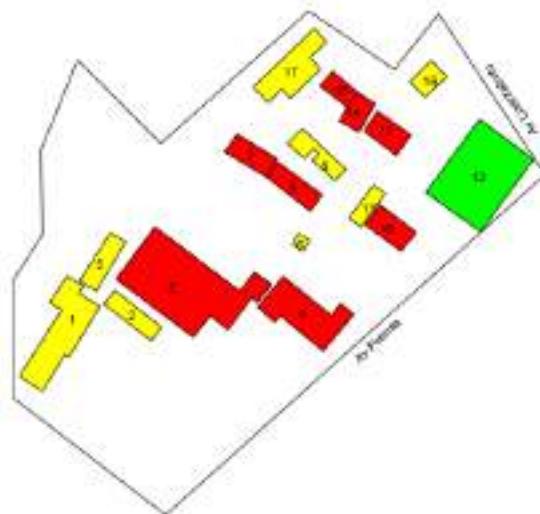
U.E “Capitán Edmundo Chiriboga”



U.E Carlos Cisneros



U. E Riobamba



ESPOCH – Campus completo



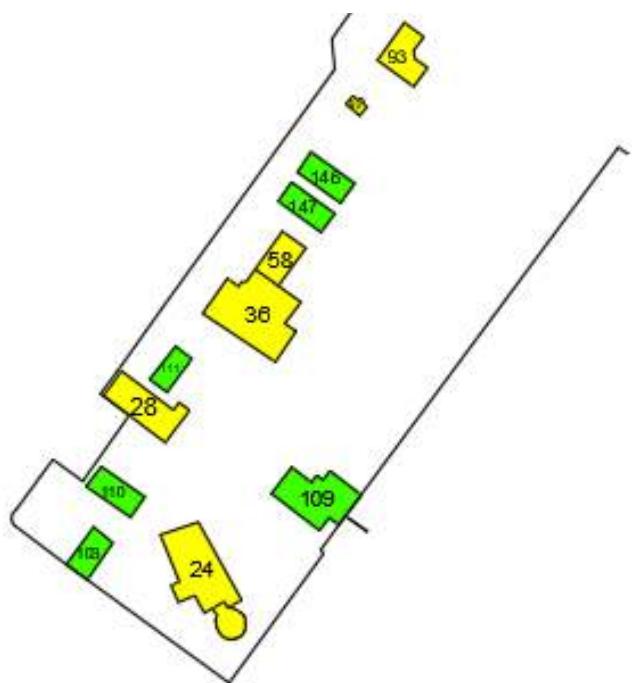
ESPOCH – Facultad de Administración de Empresas



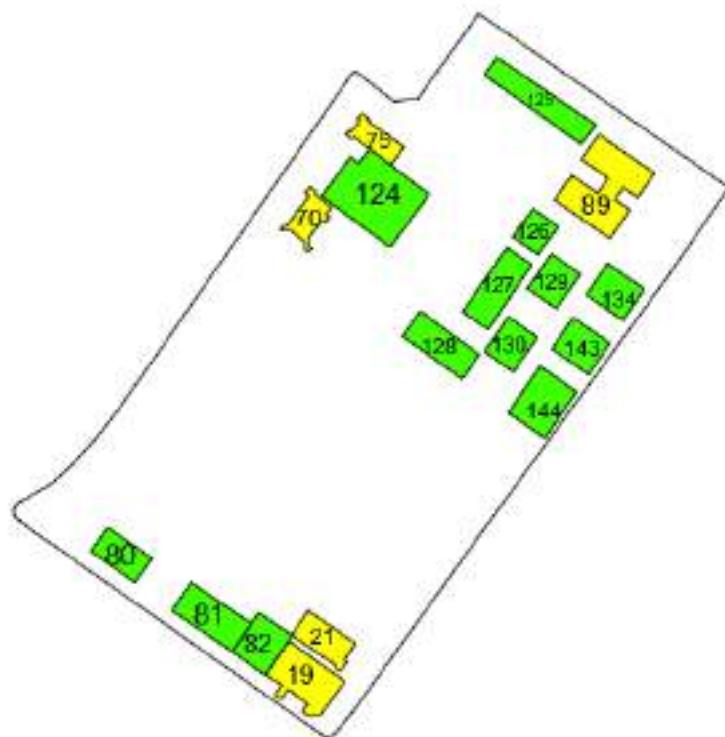
ESPOCH – Facultad de Mecánica



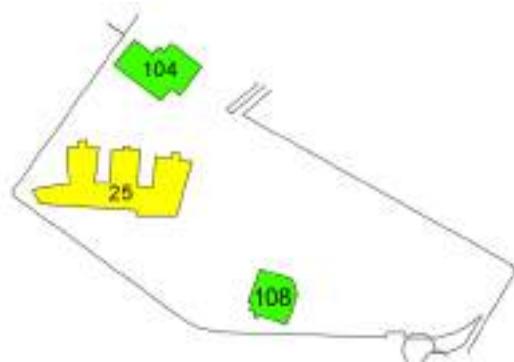
ESPOCH – Facultad de Informática y Electrónica



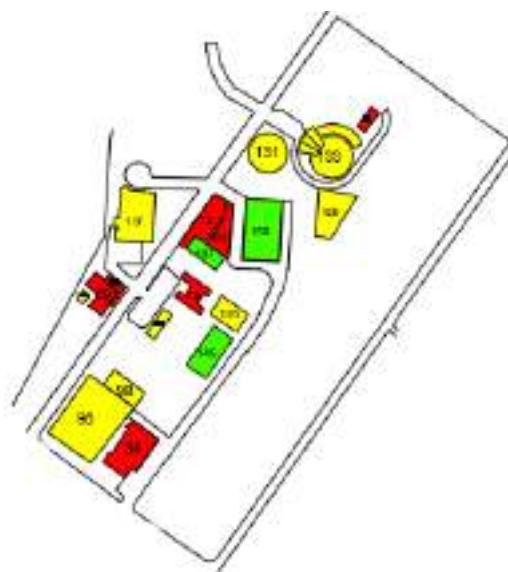
ESPOCH – Facultad de Ciencias



ESPOCH – Facultad de Salud Pública



ESPOCH - Facultad de Ciencias Pecuarias



ESPOCH – Facultad de Recursos Naturales

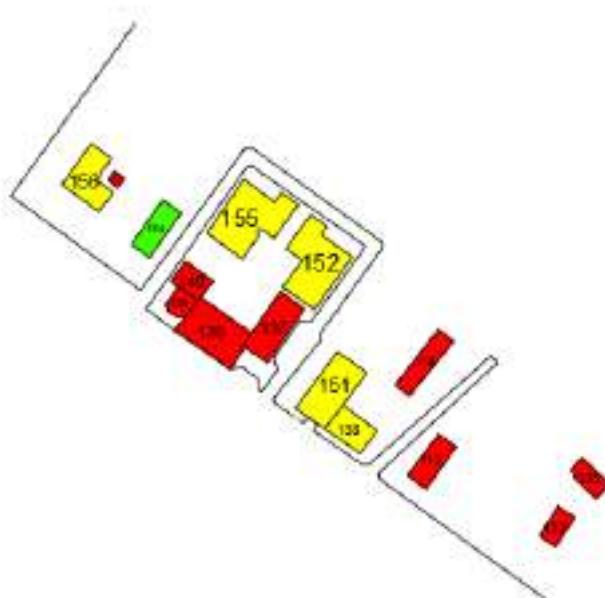


Tabla 160. Resultados de las unidades educativas y universidades evaluadas en la ciudad de Riobamba.

Nº	Nombre de Unidad Educativa y Universidades	V total	Cr	C	Rg	Categoría
1	U.E. Capitán Edmundo Chiriboga	63,61	64,80	1,04	61,02	D
2	U.E. Riobamba	59,38	64,80	1,03	57,77	D
3	U.E. Carlos Cisneros	41,77	64,80	0,97	43,18	C
4	UNACH	55,99	68,80	1,04	53,79	D
5	ESPOCH	56,19	64,80	1,02	55,26	D

Tabla 161. Porcentajes de Edificaciones según su norma de construcción

	Año de Construcción			
	NEC 2015	CEC 2000	CEC 77	Sin Norma
Nº de Edificios	31	83	83	50
Porcentaje	12,55%	33,60%	33,60%	20,24%

Tabla 162. Porcentajes de tipo de estructuras FEMA

	W1	S3	S5	C3/MX/URM
Nº de Edificios	8	19	150	70
Porcentaje	3,24%	7,69%	60,73%	28,34%

Tabla 163. Porcentaje general de estado de conservación de las edificaciones

	Estado de conservación de las edificaciones			
	Muy bueno	Bueno	Regular	Deficiente
Nº de Edificios	61	116	59	11
Porcentaje	24,70%	46,96%	23,89%	4,45%

Tabla 164. Porcentaje general según el cumplimiento de parámetros de puertas

	Puertas de salida, o de emergencia			
	Muy bueno	Bueno	Regular	Deficiente

Nº de Edificios	58	104	36	49
Porcentaje	23,48%	42,11%	14,57%	19,84%

Tabla 165. Porcentaje general según el cumplimiento de parámetros de ventanas

Ventanas de Vidrio Templado				
	Muy bueno	Bueno	Regular	Deficiente
Nº de Edificios	64	86	44	53
Porcentaje	25,91%	34,82%	17,81%	21,46%

Tabla 166. Porcentaje general según el cumplimiento de accesibilidad inclusiva

Accesibilidad inclusiva				
	Muy bueno	Bueno	Regular	Deficiente
Nº de Edificios	103	77	21	46
Porcentaje	41,70%	31,17%	8,50%	18,62%

Tabla 167. Porcentajes de categoría de Unidades educativas y Universidades según Riesgo Global

Categoría		
	C	D
Nº de Instituciones	1	4
Porcentaje	20,00%	80,00%

Tabla 168. Porcentajes de Vulnerabilidad Total de Unidades educativas y Universidades

Vulnerabilidad Total			
	Alta	Media	Baja
Nº de Instituciones	1	4	0
Porcentaje	20,00%	80,00%	0,00%

BIBLIOGRAFÍA

- Abad-Sarango, V., Crisanto-Perrazo, T., Guevara-García, P., Fierro-Naranjo, G., Toulkeridis, T., Ocaña Garzón, E., ... & Suntaxi-Pachacama, S. (2024). Determination of Soil Contamination Due to the Influence of Cemeteries for the Surrounding Land and People in Central Ecuador—Worldwide Implications. *Land*, 13(8), 1306.
- Acosta, A., Guerrero, D., León, R., Oña, P., Cruz, M., & Toulkeridis, T. (2016). Calificación y Cuantificación de fallas geológicas en el Distrito Metropolitano de Quito. *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, 1(3), 35 - 42. <http://geo1.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2017/09/art5.pdf>
- Aguiar Falconí, R., & Rivas Medina, A. (2018). *Microzonificación Sísmica de Ambato*. Municipalidad de Ambato. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/327039910_Libro_Microzonificacion_Sismica_de_Ambato
- Aguiar, R., Rivas, A., Benito, M., Gaspar, J., Trujillo, S., Arciniegas, S., Villalba, P., & Parra, H. (2014). Aceleraciones registradas y calculadas del sismo del 12 de agosto de 2014 en Quito. *Revista Ciencia*, 16(2), 139-1153
- Aguilera, C., Viteri, M., Seqqat, R., Ayala, L., Toulkeridis, T., Ruano, A. and Torres, M., 2018: Biological impact of exposure to extremely fine-grained volcanic ash. *Journal of Nanotechnology*, Article number 7543859
- Aguirre Ramos, K. A., Andrango Vallejos, S. A., Armijos Arcos, J. A., Boada Padilla, A. J., Díaz Escobar, J. D., Mejía Cárdenas, E. S., . . . Trujillo Cadena, C. E. (2022). *Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades y recintos militares en el valle interandino entre Tulcán y Riobamba, basada en la guía FEMA P-1000*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/29046>
- Alamgro Oña, P. A., & Paredes Jaramillo, E. X. (2016). Quito.
- Albán-Campaña, D.D., Zapata, J., Ordoñez, Toulkeridis, T., Rodriguez, K., Zapata, A. and Mollo, C., 2022. Evaluation of subsidence hazard with Geo-radar within a populated city - a case study of southern Quito. *Recent Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, Proceedings of the CIT 2021, Volume 2, 169-183.
- Alegría, A., Caiza, L., Calvopiña, K., Lisintuña, J., Mancero, H., Molina, G., ... & Toulkeridis, T. (2016). Análisis multi-temporal y cuantificación de infraestructura física destruida en el cantón Pedernales, provincia de Manabí, tras el terremoto de magnitud 7.8 Mw. *Revista de Ciencias de Seguridad y defensa*, 1(3), 1-6.
- Alexander, D., & Lewis, L. (2014). Condition of America's Public School Facilities: 2012-13. First Look. NCES 2014-022. National Center for Education Statistics
- Allier Montaño, E. (2018). Memorias imbricadas: terremotos en México, 1985 y 2017. *Revista mexicana de sociología*, 80(SPE), 9-40. 0188-2503.
- Alvarado, A. et al. (2019). Características de la deformación cortical en el Ecuador. *8th International Symposium on Andean Geodynamics*. Quito.
- Alvarado, A., Audin, L., Nocquet, J.-M., Lagreule, S., Segovia, M., Font, Y., Lamarque, G., Yepes, H., Mothes, P., & Rolandone, F. (2014). Active tectonics in Quito, Ecuador, assessed by geomorphological studies, GPS data, and crustal seismicity. *Tectonics*, 33(2), 67-83. 0278-7407.
- Alvarado, G.E., Toulkeridis, T., Miyabuchi, Y. and Pérez, W., 2023: Review of bomb and ash flow PDC: Genesis and case studies. *Andean Geology*, 50(3), in press
- Análisis de daños estructurales causados por sismos en las Unidades Educativas públicas de Calceta, Manabí después del terremoto del 16 de abril del 2016, (2018).
- Andina (2017). Capacitación de brigadas escolares puede prevenir riesgos ante emergencias o desastres. Perú: andina, Agencia Peruana de Noticias. Recuperado de <https://andina.pe/agencia/noticia-capacitacion-brigadas-escolares-puede-prevenir-riesgos-ante-emergencias-o-desastres-657792.aspx>
- Argudo, J., & Yela, R. (1995). Vulnerabilidad Estructural de Hospitales de Guayaquil-Ecuador. *Instituto de Investigación y Desarrollo de la Facultad de Ingeniería*. Universidad Católica de Guayaquil, Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Arteaga Mora, P. A. (2016). Proyecto de graduación previo a la obtención del grado de. *Estudio de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y evaluación del índice de daño de una edificación perteneciente al patrimonio central edificado en la ciudad del Cuenca - Ecuador*. Universidad de Cuenca, Cuenca.
- Arteaga, A. (Diciembre de 2016). ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA, REHABILITACION Y EVALUACIÓN DEL INDICE DE DAÑO DE UNA EDIFICACION PERTENECIENTE AL PATRIMONIO CENTRAL EDIFICADO EN LA CIUDAD DE CUENCA . Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/tesis.pdf

- ASCE/SEI 41-17. (2017). Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings. Virginia-United States.
- ASCE/SEI 7-22. (2022). *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*. Virginia-United States.
- Atiaga, S., Saltos, R., & Lara, F. (2004). Coordinación del subproceso de inventario, registro y catalogación de bienes culturales. Ambato: GAD Municipal Ambato.
- Ávila Cabrera, F. A. (2020). Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de Magíster en Geotecnia Aplicada. Identificación de fallas geológicas en la vía Girón - Pasaje (Azuay) y sus problemas geotécnicos. Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Avilés Arévalo, L. (2013). *Diseño de un Sistema de Costo Basado en Actividades (ABC) para el Hospital Militar de Cuenca*. Universidad del Azuay, Cuenca, Azuay, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/512>
- Aviles-Campoverde, D., Chunga, K., Ortiz-Hernández, E., Vivas-Espinoza, E., Toulkeridis, T., Morales-Delgado, A. and Delgado-Toala, D., 2021: Seismically induced soil liquefaction and geological conditions in the city of Jama due to the Mw7.8 Pedernales earthquake in 2016, NW Ecuador. *Geosciences*, 11, 20
- Azinović, B., Koren, D., & Kilar, V. (2014). Principles of energy efficient construction and their influence on the seismic resistance of light-weight buildings. *The Open Civil Engineering Journal*, 8(1).
- Balassanian, S. Y., Arakelian, A. R., Nazaretian, S. N., Avanessian, A. S., Martirossian, A. H., Igoumnov, V., Melkoumian, M., Manoukian, A., & Tovmassian, A. (1995). Retrospective analysis of the Spitak earthquake. *Annali de Geofisica*, 38(3-4), 345-372
- Ballesteros-Salazar, K.S., Caizaguano-Montero, D.G., Haro-Báez, A.G. and Toulkeridis, T., 2022. Case study of the application of an innovative guide for the evaluation of the degree of seismic vulnerability of educational units located in Sangolquí, Interandean Valley in Ecuador. *Buildings*, 12(9), 1471.
- Ballesteros, K., & Caizaguano, D. (17 de agosto de 2020). Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí, basada en la guía FEMA P-1000. Estudio de caso. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/22553/1/T-ESPE-043869.pdf>
- Balón Ramos, I., Reyes Perero, A., Tomalá González, L., & Rodríguez Moreira, D. (2018). Componentes principales y su aplicación para el cálculo de la vulnerabilidad socioeconómica caso cantones de la provincia de Carchi 2010. *Revista de Planeación y Control Microfinanciero*, 4(14), 16 - 22. Obtenido de https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Planeacion_y_Control_Microfinanciero/vol4num14/Revista_de_Planeaci%C3%B3n_y_Control_Microfinanciero_V4_N14.pdf#page=31
- Barbat, A. H., Carreño, M. L., Pujades, L. G., Lantada, N., Cardona, O. D., & Marulanda, M. C. (2010). Seismic vulnerability and risk evaluation methods for urban areas. A review with application to a pilot area. *Structure and Infrastructure Engineering*, 6(1-2), 17-38.
- Barona Zaldumbide, D. M. (2010). Vulnerabilidad sísmica del centro histórico de Sangolquí. (Tesis de Pregrado), Universidad de Fuerzas Armadas ESPE. Sangolquí, Ecuador. (158 pp.)
- Beauval, C., Yepes, H., Bakun, W. H., Egred, J., Alvarado, A., & Singauch, J.-C. (2010). Locations and magnitudes of historical earthquakes in the Sierra of Ecuador (1587–1996). *Geophysical Journal International*, 181(3), 1613-1633. 1365-246X.
- Bermeo Moyano, H. (2016). *Determinación de Espectros de Respuesta y Espectros de Diseño Elásticos e Inelásticos para la Ciudad de Cuenca*. Universidad de Cuenca, Cuenca, Azuay, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/26283>
- Borzi, B., Ceresa, P., Franchin, P., Noto, F., Calvi, G. M., & Pinto, P. E. (2015). Seismic vulnerability of the Italian roadway bridge stock. *Earthquake Spectra*, 31(4), 2137-2161.
- Boukri, M., Farsi, M. N., Mebarki, A., Belazougui, M., Ait-Belkacem, M., Yousfi, N., ... & Amellal, O. (2018). Seismic vulnerability assessment at urban scale: Case of Algerian buildings. *International journal of disaster risk reduction*, 31, 555-575.
- Burgos, G. P., Ivana, P. O. M., Lissette, C. J. K., & Joel, M. N. W. (2017). Incidencia De Los Planes De Contingencia En La Reactivación Económica De Japón Y Ecuador Despues De La Afectación De Un Sismo De Gran Magnitud. *Observatorio Iberoamericano de la Economía y la Sociedad del Japón*, (31).
- Bustelo, P. (18 de Abril de 2011). *El terremoto de Tohoku (Japón) de marzo de 2011: implicaciones económicas (ARI)*. Obtenido de Real Instituto Elcano: <http://biblioteca.ribei.org/id/eprint/2085/1/ARI-72-2011.pdf>
- Cadenas, N. (2013). La Renovación de Riobamba. Riobamba: GAD Municipal Riobamba.

- Cahill, T., & Isacks, B. L. (1992). Seismicity and shape of the subducted Nazca plate. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 97(B12), 17503-17529.
- Caiza, M., Gonzalez, C., Toulkeridis, T. and Bonifaz, H., 2018: Physical properties of pumice and its behavior as a coarse aggregate in concrete. *Malaysian Construct. Res. J.*, 25, Issue 2: 85-95.
- Calvi, G., Magenes, G., Pinho, R., Bommer, J., Restrepo, L., & Crowley, H. (2006). *Development of seismic vulnerability assessment methodologies over the past 30 years*.
- CAMICON, M. &. (2015). *PELIGRO SÍSMICO, DISEÑO SISMO RESISTENTE*. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-S%C3%ADsmico-parte-1.pdf>
- Campillo, M., Gariel, J. C., Aki, K., & Sanchez-Sesma, F. J. (1989). Destructive strong ground motion in Mexico City: Source, path, and site effects during great 1985 Michoacán earthquake. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 79(6), 1718-1735.
- Cardona Arboleda, O. D. (2001). *Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10803/6219>
- Carranza Quinatoa, R. D., & Yacelga Perugachi, E. A. (2016). Análisis comparativo de la zona de confinamiento para la conformación de la rótula plástica en vigas de hormigón armado. Quito: UCE. pp.)
- Carrión, A., Giunta, I., & Mancero, A. (2017). *Posterremoto, gestión de riesgos y cooperación internacional: Ecuador*. Obtenido de Instituto de Altos Estudios Nacionales: https://www.preventionweb.net/files/57529_posterremotov6final.pdf
- Casa-Toctaguan, T.G., Morales-Muñoz, B.O. and Toulkeridis, T., 2023: Development of a settlementmeter for the control and monitoring of embankments through the use of artificial intelligence. In *Applied Technologies: 4th International Conference, ICAT 2022*, Quito, Ecuador, November 23–25, 2022, Revised Selected Papers, Part II (pp. 183-195). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Casolo, S., Milani, G., Uva, G., & Alessandri, C. (2013). Comparative seismic vulnerability analysis on ten masonry towers in the coastal Po Valley in Italy. *Engineering Structures*, 49, 465-490.
- Castañeda Roman, E. (2015). Prevalencia de abdomen agudo quirúrgico no traumático y propuesta de un protocolo de atención actualizado. Área de emergencia del Hospital Militar de Guayaquil 2009-2010. *Tesis*, 123. Guayaquil, Guayas, Ecuador. Obtenido de <https://docplayer.es/171188922-Universidad-de-guayaquil-facultad-de-ciencias-medicas-escuela-de-graduados.html>
- Castillo, M., Camargo Abello, M., & Morales, R. (2011). Decisiones acertadas de educación en emergencias: Módulo 1: Dirigido a secretarios de educación, gobernadores, alcaldes y rectores Decisiones acertadas de educación en emergencias: Módulo 1: Dirigido a secretarios de educación, gobernadores, alcaldes y rectores. Bogotá D.C.: Ministerio de Educación Nacional de Colombia.
- Celorio-Saltos, J.C., García-Arias, J.M., Guerra-Luque, A.B., Barragan-Aroca, G. and Toulkeridis, T., 2018: Vulnerability analysis based on tsunami hazards in Crucita, central coastal of Ecuador. *Science of Tsunami Hazards*, 38(3): 225-263.
- Cevallos Pilco, T. A. (2018). *Estudio Del Peligro Sísmico Determinista Para Las Estructuras Del Cantón Ambato Sector Huachi Loreto Ubicado En La Avenida Las Américas, Avenida Del Rey, Avenida Bolivariana Y Camino Del Rey*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29200/1/Tesis%20I.%20C.%201282%20-%20Cevallos%20Pilco%20Tal%C3%ADa%20Alexandra.pdf>
- Chávez, B. (2016). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la ciudad de Quito – Ecuador y riesgo de pérdida. En B. A. Chávez Ordóñez, *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la ciudad de Quito – Ecuador y riesgo de pérdida* (págs. 2-3). Quito: Quito, 2016.
- Chicaiza Bósquez, A. E. (2016). Espectros de control para el Valle de los Chillos. (Tesis de pregrado), Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. (153 pp.)
- Chieffo, N., & Formisano, A. (2019). Geo-hazard-based approach for the estimation of seismic vulnerability and damage scenarios of the old city of Senerchia (Avellino, Italy). *Geosciences*, 9(2), 59.
- Chunga, K. and Toulkeridis, T., 2014: First evidence of paleo-tsunami deposits of a major historic event in Ecuador. *Science of tsunami hazards*, 33: 55-69.
- Chunga, K., Mulas, M., Alvarez, A., Galarza, J. and Toulkeridis, T., 2019: Characterization of seismogenetic crustal faults in the Gulf of Guayaquil, Ecuador. *Andean Geology*, 46(1): 66-81.
- Chunga, K., Quiñónez-Macías, M. and Toulkeridis, T., 2023: Evidences of coastal climate hazards and cliff-retreat since MIS-3 at Jaramijó, central coastal of Ecuador. *Quaternary*, 6(3), 41.

- Chunga, K., Toulkeridis, T., Vera-Grunauer, X., Gutierrez, M., Cahuana, N. And Alvarez, A., 2017: A review of earthquakes and tsunami records and characterization of capable faults on the northwestern coast of Ecuador. *Science of tsunami hazards*, 36: 100-127.
- Consejo Metropolitano de Quito. (2003). Ordenanza 3457. (p.). Quito - Ecuador: CM de Quito.
- Constantinou, M. C., & Symans, M. D. (1993). Seismic response of structures with supplemental damping. *The Structural Design of Tall Buildings*, 2(2), 77-92.
- Cornejo de Grunauer, M. D. (2014). *Ecuador avanza en gestión de riesgos*. Obtenido de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/Logros-SGR_finalok.pdf
- Correa Zuñiga, C. (2016). ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE DAÑOS ESTRUCTURALES EN EDIFICACIONES LUEGO DE UN EVENTO SÍSMICO. Guayaquil.
- Dall'Asta, A., Leoni, G., Meschini, A., Petrucci, E., & Zona, A. (2019). Integrated approach for seismic vulnerability analysis of historic massive defensive structures. *Journal of Cultural Heritage*, 35, 86-98.
- Del-Pino-de-la-Cruz, C.E., Martinez-Molina, B.D., Haro-Baez, A.G., Toulkeridis, T. and Rentería, W., 2021: The proposed design of a smart parking area as a multiple use building for the eventual vertical evacuation in case of tsunami impacts in Salinas, Ecuador. *Science of Tsunami Hazards*, 40(3), 146-165.
- DIPECHO, & Consorcio PNUD-CRIC-Plan Internacional Ecuador. (2012). GUÍA PARA ANÁLISIS DE AMENAZAS, VULNERABILIDADES Y CAPACIDADES "AVC"
- Durán, L. (2010). *Terremoto en Haití: las causas persistentes de un desastre que no ha terminado*. Obtenido de Revista Nueva Sociedad 226, Marzo - Abril 2010: <https://nuso.org/articulo/terremoto-en-haiti-las-causas-persistentes-de-un-desastre-que-no-ha-terminado/>
- Echegaray-Aveiga, R.C., Rodríguez, F., Toulkeridis, T. and Echegaray-Aveiga, R.D., 2019. Effects of potential lahars of the Cotopaxi volcano on housing market prices. *J. of Applied Volcanology*, 9, 1-11.
- Echeverría-Puertas, J., Echeverría, M., Cargua, F. and Toulkeridis, T., 2023. Spatial dynamics of the shore coverage within the zone of influence of the Chambo river, Central Ecuador. *Land*, online
- Edler, D., Otto, K.H and Toulkeridis, T., 2020. Tsunami hazards in Ecuador – Regional differences in the knowledge of Ecuadorian high-school students. *Science of Tsunami Hazards*, 39(2), 86-112.
- Edwin Duque, José Tamay, Henry Rojas. (11 de Septiembre de 2018). *Observatorio sísmico del Ecuador (OSSE)*. Obtenido de Reporte Especial Nro. 1: https://sica.utpl.edu.ec/media/uploads/material/Reporte_extendido_-_Sismo_Cumanda.pdf
- Egred, J. (2004). *EL TERREMOTO DE RIOBAMBA del 4 de febrero de 1797*. Obtenido de Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional : <https://www.igepn.edu.ec/publicaciones-para-la-comunidad/comunidad-espanol/23-el-terremoto-de-riobamba-de-1797/file>
- Egred, J. (2004). PATRONES SISMICOS Y EL TERREMOTO DE BAHÍA EN LA ZONA DE SUBDUCCIÓN ECUATORIANA. *Investigaciones en geociencias: publicación del Instituto Geofísico/Departamento de Geofísica de la Escuela Politécnica Nacional*, 1, 87
- Egred, J. (2010). Isosistas del sismo registrado en el Valle de los Chillos. *Investigaciones en geociencias: publicación del Instituto Geofísico/Departamento de Geofísica de la Escuela Politécnica Nacional*
- Egüez, A., & Yepes, H. (1994). Estudio Neotectónico y de Peligro Sísmico para el Proyecto Hidroeléctrico Toachi: INECEL.
- Egüez, A., Alvarado, A., & Yépes, H. (2003). Mapa de fallas y pliegues cuaternarias de Ecuador y regiones oceánicas adyacentes. *US Geological Survey-Escuela Politécnica Nacional, Programa Internacional de la Litosfera, Grupo de Trabajo II-2. OFR*, 03-289
- El Consejo Metropolitano De Quito. (2003). *ORDENANZA 3457*. Obtenido de http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Ordenanzas/ORDENANZAS%20A%C3%91OS%20ANTERIORES/ORD-3457%20-%20NORMAS%20DE%20ARQUITECTURA%20Y%20URBANISMO.pdf
- EL CONSEJO METROPOLITANO DE QUITO. (2003). *ORDENANZA 3457*. Quito.
- El periódico. (2019). Deslizamiento daña aulas de una escuela de San Marcos. Guatemala: Nación. Recuperado de <https://elperiodico.com.gt/nacion/2019/09/26/deslizamiento-dana-aulas-de-una-escuela-de-san-marcos/>
- Enríquez, D., Leiva, C., Cárdenas, S., Carrión, J. and Toulkeridis, T., 2021: Validation of the GPS leveling method through the gradient analysis of the geoidal wave - case study of Ecuador. *Revista Geográfica Venezolana*, 62(2), 316-329.
- Erazo Villacis, Á. C., & Salgado Saltos, R. E. (2016). Aplicación de evaluación técnico visual en estructuras de vivienda ante fenómenos naturales en el sector de San Rafael, las intersecciones de

- la Autopista General Rumiñahui, la Av. San Luis y el Boulevard del Centro Comercial San Luis Shopping. (Tesis de pre grado), Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. (142 pp.)
- Fajardo, C., Guevara, P., Herrera, K., Ochoa, C., & Torres, J. (7 de Abril de 2021). *Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de - unidades educativas de Sangolquí, basada en la guía FEMA P-1000*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/24239>
- Federal Bureau of Investigation, US Dept of Justice United States of America, & US Dept of Justice United States of America. (2013). Guide for Developing High-Quality School Emergency Operations Plans. (p. 75). Washington DC: U.S. Department of Education, Information Resource Center.
- FEMA 577, F. (2007). Guía de diseño para mejorar la seguridad hospitalaria en terremotos, inundaciones y vientos fuertes.
- FEMA E-74. (2012). *Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage - A Practical Guide*.
- FEMA P-1000. (2017). A Guide to Improving School Natural Hazard Safety. (p. 282). Washington D.C.: Federal Emergency Management Agency.
- FEMA P-154. (2015). Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: A handbook. (0160941504). (p. 388). Washington D.C.: Federal Emergency Management Agency.
- FEMA P-155. (2015). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: Supporting Documentation. (p. 206). Washington DC, USA: Federal Emergency Management Agency.
- FEMA. (2003). FEMA 396. *Incremental Seismic Rehabilitation of Hospital Buildings*.
- FEMA. (2016). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook.
- Ferreira, T. M., Vicente, R., Mendes da Silva, J. A. R., Varum, H., & Costa, A. (2013). Seismic vulnerability assessment of historical urban centres: case study of the old city centre in Seixal, Portugal. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 11, 1753-1773.
- Fiallos Rúales, A. E. (2016). Proyecto arquitectónico de turismo espiritual residencial y de estancia. (Tesis de pre grado), Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. (159 pp.)
- Flores Barrera, L. G. (2009). *Medición de espesores por ultrasonido y requisitos necesarios para el personal que lleva a cabo ensayos no destructivos en la central nucleoeléctrica Laguna Verde*.
- Flores, L., & Gonzalez, P. (2018). *Las Fuerzas Armadas en Apoyo a la Gestión de Riesgos*. Sangolquí.
- Formisano, A., Chieffo, N., & Mosoarca, M. (2017). Seismic vulnerability and damage speedy estimation of an urban sector within the municipality of San Potito Sannitico (Caserta, Italy). *The Open Civil Engineering Journal*, 11(1).
- Franchi, A., Crespi, P. G., Zucca, M., & Longarini, N. (2016). SEISMIC VULNERABILITY ASSESSMENT OF A MILITARY DRY DOCK IN MESSINA. In *Studies and Researches Vol. 34* (pp. 31-53). IMREADY.
- Fraser, S., Raby, A., Pomonis, A., Goda, K., Chian, S. C., Macabuag, J., ... & Sammonds, P. (2013). Tsunami damage to coastal defences and buildings in the March 11th 2011 M w 9.0 Great East Japan earthquake and tsunami. *Bulletin of earthquake engineering*, 11, 205-239.
- Garcés, J. (2017). *Estudio de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de uno y dos pisos de mampostería confinada en el barrio San Judas Tadeo II en la ciudad de Santiago de Cali*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- García Román, E. F., & Padrón Bustos, P. A. (2016). Aplicación de evaluación técnico visual en estructuras de vivienda ante fenómenos naturales en el sector Club los Chillos, calle Anturios hasta intersección de la calle de la Rosa. (Tesis de pre grado), Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. (106 pp.)
- GEOESTUDIOS S.A., Chunga, K., & Pozo, C. (2017). Estudio de microzonificación sísmica y geotécnica de la ciudad de Esmeraldas según la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015. MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA, Esmeraldas.
- GEOESTUDIOS, & Vera Granauer, X. (2011). Elaboración del documento de la Microzonificación sísmica y geotécnica de la ciudad de Guayaquil según la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011. Tomo 1.0: Actualización del mapa geológico de la ciudad de Guayaquil, 15.
- German, E., Solis, G., Bonifaz, H., Delgado, V. and Toulkeridis, T., 2022. Quick setting mortar, with recycled sanitary ceramic and super absorbent polymer. *Recent Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, Proceedings of the CIT 2021, Volume 2, 3-17.
- Giardini, D., Grünthal, G., Shedlock, K. M., & Zhang, P. (1999). The GSHAP global seismic hazard map. *Annals of Geophysics*, 42(6). 2037-416X.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Cantón Rumiñahui. (2012). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Rumiñahui 2025 Actualización 2014-2019. (p. 372). Sangolquí - Ecuador: GAD Rumiñahui.

- Gordillo, S. (2017). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de aulas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central del Ecuador, utilizando la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-RE, 2015). En S. Gordillo, *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del edificio de aulas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central del Ecuador, utilizando la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-RE, 2015)*. (págs. 2-3). Quito: Quito: UCE.
- Guerrón, P., Bravo, E., & Delgado, R. (2017). Producción de cartografía y estudios geográficos de pronta respuesta, para atender la emergencia generada por el terremoto del 16 de abril de 2016 en Ecuador. *Revista Geofísica*, (67), 25-39.
- Gutiérrez Caiza, C.A. and Toulkeridis, T., 2023. Prioritization of a micro-basin of the Daule river sub-basin with strong erosional problems and their effect to the turbidity of the water in the city of Guayaquil, coastal Ecuador. In Applied Technologies: 4th International Conference, ICAT 2022, Quito, Ecuador, November 23–25, 2022, Revised Selected Papers, Part II (pp. 118-134). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Gutscher, M. A., Spakman, W., Bijwaard, H., & Engdahl, E. R. (2000). Geodynamics of flat subduction: Seismicity and tomographic constraints from the Andean margin. *Tectonics*, 19(5), 814-833.
- Hadzima-Nyarko, M., Mišetić, V., & Morić, D. (2017). Seismic vulnerability assessment of an old historical masonry building in Osijek, Croatia, using Damage Index. *Journal of Cultural Heritage*, 28, 140-150.
- Halama, R., Garbe-Schönberg, D., Savov, I.P., Schenk, V. and Toulkeridis, T., 2013: On the occurrence of vesuvianite-bearing dikes in HP-metamorphosed oceanic lithosphere and the role of vesuvianite during subduction. *Eur. J. Mineral.* , 25: 193-219.
- Hernández-Allauca, A. D., Pérez Castillo, C. G., Villacis Uvidia, J. F., Abdo-Peralta, P., Frey, C., Ati-Cutiupala, G. M., ... & Toulkeridis, T. (2024). Relationship between COVID-19 Cases and Environmental Contaminants in Quito, Ecuador. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(10), 1336.
- Herrera-Enríquez, G., Toulkeridis, T., Rodríguez-Rodríguez, G. and Albuja-Salazar, 2021: Critical Factors of Business Adaptability during Resilience in Baños de Agua Santa, Ecuador, due to Volcanic Hazards. In Artificial Intelligence, Computer and Software Engineering Advances: Proceedings of the CIT 2020 Volume 2 (pp. 283-297). Springer International Publishing.
- HOSNAG. (2022). *HOSPITAL GENERAL HOSNAG*. Obtenido de <https://hospitalnaval.armada.mil.ec/resena-hosnag>
- INEN. (2000). *ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS AL MEDIO FÍSICO*. Obtenido de NORMA TÉCNICA ECUATORIANA: https://ecp.ec/wp-content/uploads/2017/12/Norma_INEN_2249_ESCALERAS.pdf
- INEN. (2018). *ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS AL MEDIO FÍSICO* . Obtenido de NORMA: <http://intranet.miduvi.gob.ec/intranet2/wp-content/uploads/2019/05/NTE-INEN-3142-VENTANAS.pdf>
- Iñiguez, J., & Montoya, D. (2007). Estudio de impacto ambiental del relleno sanitario para disposición final de residuos sólidos urbanos del cantón Rumiñahui, en el sitio el carmelo. (Tesis de pregrado), Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí, Ecuador. (207 pp.)
- Jaiswal, K. S., Aspinall, W., Perkins, D., Wald, D., & Porter, K. A. (2012, September). Use of expert judgment elicitation to estimate seismic vulnerability of selected building types. In *Proc 15th World Conference on Earthquake Engineering* (pp. 1-10).
- Jaramillo Castelo, C.A., Padilla Almeida, O., Cruz D'Howitt, M. and Toulkeridis, T., 2018: Comparative determination of the probability of landslide occurrences and susceptibility in central Quito, Ecuador. 2018 5th International Conference on eDemocracy and eGovernment, ICEDEG 2018 8372318: 136-143.
- Jiménez Pacheco, J., Cabrera Cajamarca, J., Sánchez Beltrán, J., & Avilés Tenorio , F. (2018). *Vulnerabilidad sísmica del patrimonio edificado del Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca: Lineamientos generales y avances del proyecto*. Universidad de Cuenca, Cuenca. Obtenido de file:///C:/Users/Cliente/Downloads/Dialnet-VulnerabilidadSísmicaDelPatrimonioEdificadoDelCent-7133939.pdf
- Jiménez, F., Velásquez, S., & Faustino, J. (2004). Análisis integral de la vulnerabilidad a amenazas naturales en cuencas hidrográficas de América Central. VI Semana Científica (Resúmenes). Turrialba, CR, CATIE, 1(3), 50-53. 9977-57-396-4.
- Jordán, T. E., Isacks, B. L., Allmendinger, R. W., Brewer, J. A., Ramos, V. A., & Ando, C. J. (1983). Andean tectonics related to geometry of subducted Nazca plate. *Geological Society of America Bulletin*, 94(3), 341-361.
- Jornada, L. (2020). Forman brigada de protección escolar en primaria de la colonia Roma. México: CAPITAL. Recuperado de <https://www.jornada.com.mx/2020/02/21/capital/028n1cap>

- La izquierda Diario. (2017). Represión y miedo en las escuelas a un mes del sismo. México: Sismo 19S. Recuperado de http://www.laizquierdadiario.cl/Represion-y-miedo-en-las-escuelas-a-un-mes-del-sismo?id_rubrique=1201
- La Republica. (2016). Correa dice que subió a 668 la cifra de muertos por terremoto en Ecuador. Quito - Ecuador Sismo 16A. Recuperado de <https://www.larepublica.ec/blog/sociedad/2016/06/10/correa-dice-que-subio-a-668-la-cifra-de-muertos-por-terremoto-en-ecuador/>
- Lanning, F., Haro, A. G., Liu, M. K., Monzón, A., Monzón-Despang, H., Schultz, A., Tola, A., Diaz-Fanas, G., Antonaki, N., & Nikolaou, S. (2016). EERI Earthquake Reconnaissance Team Report: M7.8 Muisne, Ecuador Earthquake on April 16, 2016. 9781932884692.
- Leonard, M. (2012). Earthquake fault scaling: Self-consistent relating of rupture length, width, average displacement, and moment release. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 102(6), 2797-2797. 1943-3573.
- Lonsdale, P. (2005). Creation of the Cocos and Nazca plates by fission of the Farallon plate. *Tectonophysics*, 404(3-4), 237-264.
- López, A. (2019). *Metodología de análisis de respuesta de sitio unidimensional para determinar la demanda sísmica en superficie de Guayaquil*. Universidad de Especialidades Espíritu Santo.
- Luna, M.P., Staller, A., Tierra, A., Molina, X. and Toulkeridis, T., 2023: Analysis of statistical interpolation methods to generate the velocities model for continental Ecuador from GNSS data. *Revista Geográfica Venezolana*, 64(1), 22-35.
- Luna, M.P., Staller, A., Toulkeridis, T. and Parra, H., 2017: Methodological support for the calculation of the velocity model for continental Ecuador. *Open Geosciences*, 9: 719-734.
- Macías, L., Quiñonez-Macías, M., Toulkeridis, T. and Pastor, J.L., 2023. Characterization and geophysical evaluation of the recent 2023 Alausí Landslide in the Northern Andes of Ecuador. *Landslides*,
- Macías, L., Quiñonez-Macías, M., Toulkeridis, T., & Pastor, J. L. (2024). Characterization and geophysical evaluation of the recent 2023 Alausí landslide in the northern Andes of Ecuador. *Landslides*, 21(3), 529-540.
- Massonne, H.J. and Toulkeridis, T., 2012: Widespread relics of high-pressure metamorphism confirm major terrane accretion in Ecuador: a new example from the Northern Andes. *Int. Geol Rev.*, 54, 1: 67-80.
- Matheus Medina, A.S., Cruz D'Howitt, M., Padilla Almeida, O., Toulkeridis, T. and Haro, A.G., 2016: Enhanced vertical evacuation applications with geomatic tools for tsunamis in Salinas, Ecuador. *Science of Tsunami Hazards*, 35, (3): 189-213
- Matheus-Medina, A.S., Toulkeridis, T., Padilla-Almeida, O., Cruz-D'Howitt, M. and Chunga, K., 2018: Evaluation of the tsunami vulnerability in the coastal Ecuadorian tourist centers of the peninsulas of Bahía de Caráquez and Salinas. *Science of Tsunami Hazards*, 38(3): 175-209.
- Mato, F. and Toulkeridis, T., 2017: The missing Link in El Niño's phenomenon generation. *Science of tsunami hazards*, 36: 128-144.
- Mato, F. and Toulkeridis, T., 2018: An unsupervised K-means based clustering method for geophysical post-earthquake diagnosis. *2017 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)*. 1-8
- Mejía, N., Mejía, R.J. and Toulkeridis, T., 2022: Characterization of Blast Wave Parameters in the Detonation Locus and Near Field for Shaped Charges. *Mathematics*, online
- Melián, G.V., Toulkeridis, T., Pérez, N.M., Hernández Pérez, P.A., Somoza, L., Padrón, E., Amonte, C., Alonso, M., Asensio-Ramos, M. and Cordero, M., 2021: Geochemistry of water and gas emissions from Cuicocha and Quilotoa Volcanic Lakes, Ecuador. *Frontiers in Earth Sciences*, 1167
- Mena Hernández, U. (2002). Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas. (Tesis de Doctorado), Universitat Politècnica de Catalunya. Cataluña, España. (222 pp.)
- Merizalde Mora, M.J., Leiva González, C.A., Enríquez Hidalgo, D.A. and Toulkeridis, T., 2021: Determination of heights of the three main Ecuadorian summits, through GNSS positioning, referred to the official vertical datum of Ecuador and the Geopotential Wo. *Geodesy and Geodynamics*, 13(4), 343-351.
- Metro Puerto Rico. (2020). Colapsa escuela en Guánica. Puerto Rico: Metro Puerto Rico. Recuperado de <https://www.metro.pr/pr/noticias/2020/01/07/colapsa-escuela-en-guanica.html>
- MIDUVI & CAMICON. (2015). *PELIGRO SÍSMICO, DISEÑO SISMO RESISTENTE*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-S%C3%ADsmico-parte-1.pdf>
- MIDUVI, & CAMICOM. (2016). Norma Ecuatoriana de la Construcción. *Peligro Sísmico. Diseño Sismo Resistente*.

- MIDUVI, & CAMICON. (2014). NEC: Peligro Sísmico. Diseño Sismo Resistente. (p. 148). Quito - Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- MIDUVI, SNGR, PNUD, & ECHO. (2016). Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad a la norma con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015. (p. 185). Quito. Ecuador: Ministerio de Desarrollo y Vivienda.
- Mimura, N., Yasuhara, K., Kawagoe, S., Yokoki, H., & Kazama, S. (2011). Damage from the Great East Japan Earthquake and Tsunami-a quick report. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 16, 803-818.
- Mindiola Rodriguez, E. A., & Toulkeridis, T. (2019). El rol de las Fuerzas Armadas en la gestión y prevención de riesgos: logros y retos. *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, 1, 4, 43-70.
- Ministerio de Educación. (2020). Estudiantes a nivel nacional 2018-2019. Obtenido de <https://educarecuador.gob.ec/visualizador-estadistico/>
- Miura, H., Midorikawa, S., & Matsuoka, M. (2016). Building damage assessment using high-resolution satellite SAR images of the 2010 Haiti earthquake. *Earthquake Spectra*, 32(1), 591-610.
- Molchanov, O., Kopytenko, Y. A., Voronov, P., Kopytenko, E., Matiashvili, T., Fraser-Smith, A., & Bernardi, A. (1992). Results of ULF magnetic field measurements near the epicenters of the Spitak (Ms= 6.9) and Loma Prieta (Ms= 7.1) earthquakes: Comparative analysis. *Geophysical Research Letters*, 19(14), 1495-1498. 0094-8276.
- Moncayo Theurer, M., Vargas Jiménez, J., Moncayo Velasco, G., & Barzola Zambrano, I. (2017). *Ánalisis sobre la recurrencia de terremotos severos en Ecuador*. Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Moncayo-Galárraga, D.S., Robayo Nieto, A.A., Padilla, O. and Toulkeridis, T., 2023. Implementation of the CAESAR-Lisflood cellular automated landscape evolution model to determine possible flood areas in the Portoviejo river sub-basin, Coastal Ecuador. In *Applied Technologies: 4th International Conference, ICAT 2022*, Quito, Ecuador, November 23–25, 2022, Revised Selected Papers, Part II (pp. 212-227). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Morales-Delgado, A., Chunga, K. and Toulkeridis, T., 2023. Risk evaluation and vulnerability study of a potential Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion of the LPG Ground Storage Terminal in Monteverde, coastal Ecuador. *Revista Cartográfica*, 107, 73-94.
- Moreira, F. (2011). Vulnerabilidad Vial en Función de los Riesgos Naturales para el cantón Ambato. Ambato: UTA.
- Mosoarca, M., Onescu, I., Onescu, E., Azap, B., Chieffo, N., & Szitar-Sirbu, M. (2019). Seismic vulnerability assessment for the historical areas of the Timisoara city, Romania. *Engineering Failure Analysis*, 101, 86-112.
- Mosquera López, D.M., Cueva-Jiménez, Z., Chalco-Barahona, I., Moreno-Izquierdo, V.J., Suango, V., García-Villacres, A. and Toulkeridis, T., 2022. Geo-technologies applied to the spatial analysis of territorial inequalities - Case study of Latacunga, Central Ecuador. *Recent Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy, Proceedings of the CIT 2021*, Volume 2, 199-213.
- Mosquera López, D.M., Suango, V., Cando, A., Yépez, K., Tamayo, E., Moreno-Izquierdo, V.J. and Toulkeridis, T., 2022. Application of geo-technologies within the socio-economic analysis and its implication to the territory reception capacity – A case study of Esmeraldas, NW Ecuador. *Recent Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy, Proceedings of the CIT 2021* Volume 2, 229-244.
- Mosquera, D. F. (2015). Evaluación de los componentes y elementos no estructurales del Hospital Regional Militar de Guayaquil (II de "Libertad") ante un potencial peligro sísmico según FEMA E-74, FEMA 396 y FEMA 577. *Tesis previo a la obtención del título de Ingeniero Civil*. Sangolquí, Ecuador.
- MTOP. (2013). Norma Ecuatoriana Vial, NEVI-12-MTOP. (p.). Quito: Subsecretaría de Infraestructura del Transporte.
- Municipio de Rumiñahui. (2018). Rumiñahui Gobierno Municipal. (p.). Sangolquí - Ecuador: GAD Rumiñahui.
- Muñoz Marcillo, J.L. and Toulkeridis, T., 2024. Hydrological modeling for the discharge production in an experimental area of the Guayas river basin, Ecuador. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, 59
- Navarrete López, P. (2022). Análisis de nivel de daño para diferentes niveles de peligro sísmico en elementos sometidos a flexión y compresión para una estructura típica de hormigón armado. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Tungurahua, Ecuador.
- Navarrete, C., Guimarães, A., Soares Marques, M.E., Castro, C. and Toulkeridis, T., 2022. Resistance to fatigue in asphalts used in military airports of the Brazilian Amazon through the use of nickel-holding ash. *Applied Science*, 12(18), 9134.

- Navas, L., Caiza, P. and Toulkeridis, T., 2018: An evaluated comparison between the molecule and steel framing construction systems – Implications for the seismic vulnerable Ecuador. *Malaysian Construct. Res. J.* 26 (3), 87–109.
- NEC-15. (2015). Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- NEC. (2023). Norma Ecuatoriana de la Construcción. Quito: MIDUVI.
- Nikolaou, S., Vera-Grunauer, X., and Gilsanz, R., eds., 2016. GEER-ATC Earthquake Reconnaissance: April 16 2016, Muisne, Ecuador, Geotechnical Extreme Events Reconnaissance Association Report GEER-049, Version 1. Authored by: Alvarado, A., Alzamora, D., Antonaki, N., Arteta, C., Athanasopoulos-Zekkos, A., Bassal, P., Caicedo, A., Casares, B., Davila, D., Diaz, V., Diaz-Fanas, G., Gilsanz, R., González, O., Hernandez, L., Kishida, T., Kokkali, P., López, P., Luque, R., Lyvers, G.M., Maalouf, S., Mezher, J., Miranda, E., Morales, E., Nikolaou, S., O'Rourke, T., Ochoa, I., O'Connor, J.S., Ripalda, F., Rodríguez, L.F., Rollins, K., Stavridis, A., Toulkeridis, T., Vaxevanis, E., Villagrán León, N., Vera-Grunauer, X., Wood, C., Yepes, H., Yepez, Y. Accessible at the GEER website [geerassociation.org.](http://geerassociation.org/), USA: 582pp
- Norio, O., Ye, T., Kajitani, Y., Shi, P., & Tatano, H. (2011). The 2011 eastern Japan great earthquake disaster: Overview and comments. *International Journal of Disaster Risk Science*, 2, 34-42.
- Núñez Naranjo, K. M. (2016). Aplicación de la evaluación técnica visual de estructuras ante fenómenos naturales, para cuatro puentes que atraviesan el Río Santa Clara, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha. (Tesis de pregrado), Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. (142 pp.)
- Okuwaki, R., & Yagi, Y. (2017). Rupture process during the Mw 8.1 2017 Chiapas Mexico earthquake: Shallow intraplate normal faulting by slab bending. *Geophysical Research Letters*, 44(23), 11,816-811,823. 0094-8276.
- Ontaneda Vallejo, C. S. (2018). *Estimación matemática del modelo de deformación presísmica y post sísmica producida por efectos del sismo M7.8 del 2016, Pedernales, Ecuador* (Bachelor's thesis).
- Orozco, M. V., Granda, Á. D., & Molestina, R. C. (2017). El Geoportal como vía de acceso a información cartográfica de pronta respuesta. Caso de estudio del sismo de Ecuador en abril del 2016. *Revista Cartográfica*, (95), 129-149.
- Ortega, D. M. (2014). *Elaboración de un mapa de identificación de riesgos y verificación del cumplimiento de normativas de bioseguridad en el laboratorio clínico del hospital general militar HG II de Libertad de la ciudad de Guayaquil*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Guayas, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8048>
- Ortiz-Hernández, E., Chunga, K. Pastor, J.L. and Toulkeridis, T., 2022: Assessing susceptibility to soil liquefaction, using the standard penetration test (SPT) – A case study from the city of Portoviejo, coastal Ecuador. *Land*, online
- Ortiz-Hernández, E., Chunga, K., Toulkeridis, T., and Pastor, J.L. 2022: Soil liquefaction and other seismic-associated phenomena in the city of Chone during the 2016 earthquake of coastal Ecuador. *Applied Science*, online
- Pachar Romero, B. Á., & Paredes Valle, I. S. (2019). Estudio de la vulnerabilidad sísmica de las ocho estructuras del MIDENA, mediante la metodología FEMA P-154, y propuesta de reforzamiento estructural en la edificación más vulnerable. (Tesis de pregrado), Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Sangolquí, ESPE. (267 pp.)
- Padilla Almeida, O., Toulkeridis, T. and Bosque Sendra, J., 2022: Smart city planning with geomatic modeling of Lahar Evacuation routes in the northern populated area of Cotopaxi volcano, Ecuador. In: Berrezueta S., Abad K. (eds) *Doctoral Symposium on Information and Communication Technologies - DSICT. Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol 846. Springer, Cham., pp. 74-88.
- Padilla-Almeida, O., León, P., Kirby, E. and Toulkeridis, T., 2020. Generation of a predictive model of urban growth through the application of Cellular Automata in the Valley de los Chillos, Ecuador. In *Conference on Information and Communication Technologies of Ecuador* (pp. 406-419). Springer, Cham.
- Padilla, J. (2021). PATRIMONIO CULTURAL INMATERIAL Y DESARROLLO TURÍSTICO EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO. Riobamba: UNACH.
- Padrón, E., Hernández, P.A., Marrero, R., Melián, G., Toulkeridis, T., Pérez., N.M., Virgili, G. and Notsu, K., 2008: Diffuse CO₂ emission rate from the lake-filled Cuicocha and Pululagua calderas, Ecuador. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* (Special Volume on Continental Ecuador volcanoes), 176: 163-169.

- Padrón, E., Hernández, P.A., Pérez, N.M., Toulkeridis, T., Melián, G., Barrancos, J., Virgili, G., Sumino H. and Notsu, K., 2012: Fumarole/plume and diffuse CO₂ emission from Sierra Negra volcano, Galapagos archipelago. *Bull. Of Volcanol.*, 74: 1509-1519.
- Palacios Orejuela, I. and Toulkeridis, T., 2020. Evaluation of the susceptibility to landslides through diffuse logic and analytical hierarchy process (AHP) between Macas and Riobamba in Central Ecuador. 2020 7th International Conference on eDemocracy and eGovernment, ICEDEG 2020, 200-206
- Palacios Orejuela, I., Leiva González, C., Buenaño Guerra, X., Chicaiza Mora, E. and Toulkeridis, T., 2021: Geoid undulation modeling through the Cokriging method – a case study of Guayaquil, Ecuador. *Geodesy and Geodynamics*, 12(5), 356-367.
- Pararas-Carayannis, G. (2012). POTENTIAL OF TSUNAMI GENERATION ALONG THE COLOMBIA/ECUADOR SUBDUCTION MARGIN AND THE DOLORES-GUAYAQUIL MEGA-THRUST. *Science of Tsunami Hazards*, 31(3).
- Paredes Valle, I. S., & Pachar Romero, B. A. (2019). ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS OCHO ESTRUCTURAS DEL MIDENA, MEDIANTE LA METODOLOGÍA FEMA P-154, Y PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA EDIFICACIÓN MÁS VULNERABLE. *Trabajo de Titulación*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Quito.
- Parra Cárdenas, H. A. (2016). Desarrollos metodológicos y aplicaciones hacia el cálculo de la Peligrosidad Sísmica en el Ecuador continental y estudio de riesgo sísmico en la ciudad de Quito. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. Obtenido de http://redgeomatica.rediris.es/redlatingeo/2015/HUMBERTO_PARRA_CARDENAS_V-2.pdf
- Paucar, G. (Septiembre de 2021). *Análisis de Vulnerabilidad Sísmica en la Comuna de "Oyambarillo"*. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4523/1/Tesis%20Gonzalo%20Paukar.pdf>
- Peñaherrera Bassantes, L., Tito Gonzaga, D., Robalino Bedón, C. and Toulkeridis, T., 2019: Comparative analysis of the mechanical properties of concrete block masonry used in constructions within Argentina and Ecuador. *Malaysian Construct. Res. J.*, 28: 51-64
- Phanindranath, T. S. D., Balaji, K. V. G. D., & Raju, P. M. (2021). Enhancing Seismic Resistance of G+ 10 MSB by Introducing FVD System. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1025, No. 1, p. 012032). IOP Publishing.
- Pimbo, F. (Marzo de 2021). "ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MEDIANTE LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES. Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/Tesis%20I.%20C.%201472%20-%20Pimbo%20Palate%20Freddy%20Polivio%20(1).pdf
- Podwojewski, P., Poulenard, J., Toulkeridis, T. and Gräfe, M., 2022: Polygenic soils in the southern central Ecuadorian highlands as the result of long-lasting pedogenesis, geodynamic processes and climate change. *Journal of South American Earth Sciences*, 120, 104096.
- Poma, P., Usca, M., Fdz-Polanco, M, García-Villacres, A. and Toulkeridis, T., 2021: Landslide and environmental risk from oil spill due to the rupture of SOTE and OCP pipelines, San Rafael Falls, Amazon Basin, Ecuador. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 11(4): 1558-1566.
- Portilla, Ó., Leiva, C., Luna, M.P. and Toulkeridis, T., 2021: Elaboration of a local projection system in mainland Ecuador for the generation of detailed cartography. *Revista Geográfica Venezolana*, 62(1), 176-196.
- Porto Quintián, J. (2005). *Manual de patologías en las estructuras de hormigón armado*. La Coruña.
- Quinde Martínez, P., & Reinoso Angulo, E. (2016). *Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la ciudad de Cuenca*. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. México, México.
- Quinde Martínez, P., & Reinoso Angulo, E. (2016). Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la ciudad de Cuenca. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. México, México.
- Ramirez, J. (2014). Ingeniero que Certificó al Colegio Rébsamen Evalúa Escuelas Tras Sismo. México: CDN Cadena Nacional de Noticias. Recuperado de <https://www.cdnoticias.com.mx/articulos/ingeniero-certificado-al-colegio-rebsamen-evalua-escuelas-tras-sismo/mexico>
- Reyes-Pozo, M.D., Moreno-Izquierdo, V.J., López-Alulema, A.C., Lasso-Benítez, L.d.P., Suango-Sánchez, V.d.R. and Toulkeridis, T., 2020. Use of the heuristic model and GIS to zone landslide hazards in the Mira River Basin, Ecuador. *Conference on Information and Communication Technologies of Ecuador* (pp. 243-257). Springer, Cham.

- Ridolfi, F., Puerini, M., Renzulli, A., Menna, M. and Toulkeridis, T., 2008: The magmatic feeding system of El Reventador volcano (Sub-Andean zone, Ecuador) constrained by mineralogy, textures and geothermobarometry of the 2002 erupted products. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* (Special Volume on Continental Ecuador volcanoes), 176: 94-106.
- Riquetti Morales, J. (2010). *Dimensionamiento Geotécnico de Cimentaciones Superficiales en las Unidades Geotécnicas de la Ciudad de Cuenca*. Universidad de Cuenca, Cuenca, Azuay, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2582>
- Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., & Yepes, H. (2007). Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador. Serie: *El riego sísmico en el Ecuador*. Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., & Yepes, H. (2007). Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador. Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. Corporación Editora Nacional. Quito, Ecuador
- Robayo N, A., Llorca, J. and Toulkeridis, T., 2020. Population, territorial and economic analysis of a potential volcanic disaster in the city of Latacunga, Central Ecuador based on GIS techniques – Implications and potential solutions. In Conference on Information and Communication Technologies of Ecuador (pp. 549-563). Springer, Cham.
- Rodríguez Espinosa, F., Toulkeridis, T., Salazar Martínez, R., Cueva Girón, J., Taipe Quispe, A., Bernaza Quiñonez, L., Padilla Almeida, O., Mato, F., Cruz D'Howitt, M., Parra, H., Sandoval, W. and Rentería, W., 2017: Economic evaluation of recovering a natural protection with concurrent relocation of the threatened public of tsunami hazards in central coastal Ecuador. *Science of tsunami hazards*, 36: 293-306.
- Rodriguez, E. A. M., & Toulkeridis, T. (2019). El rol de las fuerzas armadas en la gestión y prevención de riesgos: logros y retos. *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, 4(4), 28-28.
- Rodriguez, F., Cruz D'Howitt, M., Toulkeridis, T., Salazar, R., Ramos Romero, G.E., Recalde Moya, V.A. and Padilla, O., 2016: The economic evaluation and significance of an early relocation versus complete destruction by a potential tsunami of a coastal city in Ecuador. *Science of tsunami hazards*, 35, 1: 18-35.
- Rodriguez, F., Toulkeridis, T., Padilla, O. and Mato, F., 2017: Economic risk assessment of Cotopaxi volcano Ecuador in case of a future lahar emplacement. *Natural Hazards*, 85, (1): 605-618.
- Rodriguez, F., Toulkeridis, T., Padilla, O. and Mato, F., 2017: Erratum to: Economic risk assessment of Cotopaxi volcano Ecuador in case of a future lahar emplacement. *Natural Hazards*, 85, (1): 619-620.
- Rojas Calle, P. F. (2019). *Desempeño de Edificios Esenciales Durante Sismos en Ecuador - Caso Hospitales y Clínicas, Centros de Salud o de Emergencia Sanitaria*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Guayas, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/13830/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-307.pdf>
- Rugel, J., Zamora, D., Bonifaz, H., Duran, R., Delgado, V. and Toulkeridis, T., 2022: Determination of the influence of an absorbing silica gel in concrete. *Recent Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, Proceedings of the CIT 2021, Volume 2, 18-27.
- Salcedo, D., Padilla Almeida, O., Morales, B. and Toulkeridis, T., 2022: Smart city planning based on landslide susceptibility mapping using fuzzy logic and multi-criteria evaluation techniques in Quito, Ecuador. In: Berrezueta S., Abad K. (eds) *Doctoral Symposium on Information and Communication Technologies - DSICT. Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol 846. Springer, Cham., pp. 89-103.
- Salinas, I., Paucar, A., Quiñónez-Macías, M., Grau, F., Barragán-Taco, M., Toulkeridis, T., & Chunga, K. (2024). Geotechnical and Geophysical Assessment of the 2021 Tamban Chimbo Landslide, Northern Andes of Ecuador. *Geosciences*, 14(4), 104.
- Sánchez-Carrasco, C., Padilla Almeida, O. and Toulkeridis, T., 2020. Simulation of vehicle transit during an eventual eruption of the Cotopaxi volcano in the Valle de los Chillos, central Ecuador. In Conference on Information and Communication Technologies of Ecuador (pp. 391-405). Springer, Cham.
- Sánchez, C. (2016). *Aplicación de métodos probabilístas en la evaluación del riesgo sísmico del Distrito del Eixample (Barcelona)*. Barcelona: Escola de Camins, UPC BARCELONATECH.
- Sandoval-Erazo, W., Toulkeridis, T., Merizalde-Mora, M. J. and Viera-Torres, R., 2019. Risk reduction by mitigation structures – Change of the paradigm in risk assessment of volcanic lahar flows of the Cotopaxi volcano in Ecuador. *Proceedings of the International Conference on Natural Hazards and Infrastructure 2019, 2nd International Conference on Natural Hazards and Infrastructure, ICONHIC 2019; Chania; Greece; 23 June 2019 through 26 June 2019; Code 257429*

- Sandoval, W., Toulkeridis, T., Aguilar-Ponce, A., Echeverria-Chiriboga, S. and Salazar, E., 2022: Risk and vulnerability analysis of flood hazards in the Colón Parrish, western Ecuador based on HEC-RAS numerical simulation. *Recent Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy, Proceedings of the CIT 2021, Volume 2*, 245-260.
- Sani, J., Tierra, A., Toulkeridis, T., Padilla and Almeida, O., 2023: Evaluation of horizontal and vertical positions obtained from an unmanned aircraft vehicle applied to large scale cartography of Infrastructure loss due to the earthquake of April 2016 in Ecuador. In *Applied Technologies: 4th International Conference, ICAT 2022, Quito, Ecuador, November 23–25, 2022, Revised Selected Papers, Part II* (pp. 60-73). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2013). *Simulacro de evacuación por sismos se realizó en Escuela Las Américas.* (p.). Quito - Ecuador: SNGR.
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2016). Informe de situación No. 63 (10/05/2016) 18H00
- Segura-Alcívar, M., Rodriguez-Espinoza, F. and Toulkeridis, T., 2019. Potential risk analysis of fuel storages in central Quito, Ecuador. *Proceedings of the International Conference on Natural Hazards and Infrastructure 2019, 2nd International Conference on Natural Hazards and Infrastructure, ICONHIC 2019; Chania; Greece; 23 June 2019 through 26 June 2019; Code 257429*
- Sennson, J. L., & Beck, S. L. (1996). Historical 1942 Ecuador and 1942 Peru subduction earthquakes and earthquake cycles along Colombia-Ecuador and Peru subduction segments. *Pure and applied geophysics*, 146, 67-101.
- Serrano, C. M. C., & Toulkeridis, T. (2019). *PROPUUESTADE UN NUEVO MODELO DE PLANIFICACIÓN PARA EL DISEÑO DE OPERACIONES DE APOYO A LA SEGURIDAD INTEGRAL DEL ESTADO DEL ECUADOR-ÁMBITO INTERNO.* *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, 4(4), 15-15.
- Silva, V., Crowley, H., Varum, H., Crowley, H., & Pinho, R. (2015). *Seismic risk assessment for mainland Portugal.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10518-014-9630-0>
- Simón-Baile, D., Díaz-Alquinga, A. G., Toulkeridis, T., Sinde-González, I., & Pérez, P. (2025). Carbon footprint of the Rumiñahui municipal palace in Andean Ecuador during 2019 and 2020: COVID effects and mitigation measures. *Multidisciplinary Science Journal*, 7(10), 2025437-2025437.
- Singh, S. K., Lermo, J., Dominguez, T., Ordaz, M., Espinosa, J. M., Mena, E., & Quaas, R. (1988). The Mexico earthquake of September 19, 1985—a study of amplification of seismic waves in the valley of Mexico with respect to a hill zone site. *Earthquake spectra*, 4(4), 653-673.
- Souza, J. (2019). *¿Qué significan las grietas en las estructuras de hormigón?* Plataforma Arquitectura, 1(2), 1-5. 0719-8914.
- Souza, J. C. (25 de Junio de 2021). *¿Qué significan las grietas en las estructuras de hormigón?* <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/880210/que-significan-las-grietashen-las-estructuras-de-hormigon>
- Staff, R. (Enero de 2010). *U.N. mission chief in Haiti killed in quake.* Obtenido de <https://www.reuters.com/article/idUSTRE60C5N820100113>
- Suango Sánchez, V. d. R., Acosta Tafur, J.R., Rodríguez De la Vera, K., Andrade Sánchez, M.S., López Alulema, A.C., Avilés Ponce, L.R., Proaño Morales, J.L., Zambrano Benavides, M.J., Reyes Pozo, M.D., Yépez Campoverde, J.A. and Toulkeridis, T., 2019. Use of geotechnologies and multicriteria evaluation in land use policy – the case of the urban area expansion of the city of Babahoyo, Ecuador. 2019 6th International Conference on eDemocracy and eGovernment, ICEDEG 2019, 194-202.
- Suango, V., Diaz, D., Reyes Pozo, M.D., Cañar, M., Zapata, A., Moreno-Izquierdo, V.J., García-Villacres, A. and Toulkeridis, T., 2022: Capacity of Constructive Reception through geo-spatial analysis of physical soil variables in Ibarra, Ecuador. *Recent Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy, Proceedings of the CIT 2021, Volume 2*, 184-198.
- Suárez-Acosta, P.E., Cañamar-Tipan, C.D., Ñato-Criollo, D.A., Vera-Zambrano, J.D., Galarza-Vega, K.L., Guevara-Álvarez, P.M., Fajardo-Cartuche, C.N., Herrera-Garcés, K. K., Ochoa-Campoverde, C.V., Torres-Orellana, J.S., Rentería, W., Chunga, K., Padilla, O., Sinde-González, I., Simón-Baile, D. and Toulkeridis, T., 2021: Evaluation of seismic and tsunami resistance of potential shelters for vertical evacuation in case of a tsunami impact in Bahía de Caráquez, central coast of Ecuador. *Science of Tsunami Hazards*, 40(1), 1-37.
- Suhr, N., Rojas-Agramonte, Y., Chew, D. M., Pinto, A. J., Villagómez-Díaz, D., Toulkeridis, T., & Mertz-Kraus, R., 2019. Detrital-zircon geochronology and provenance of the El Oro Metamorphic Complex, Ecuador: Geodynamic implications for the evolution of the western Gondwana margin. *Journal of South American Earth Sciences*, 90, 520-539.

- Tacuri Ordoñez, V. M. (2019). Vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mediana altura en suelos blandos de la ciudad de Guayaquil. *Trabajo de titulación de Ingeniero Civil*. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Tandazo Regalado, J. E., & Flores Díaz, G. D. (2012). Proceso de industrialización de la caña guadua como material alternativo para la construcción y diseño de vivienda tipo de una y dos plantas, empleando caña guadua en sus elementos estructurales. (Tesis de pregrado), Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí, Ecuador. (321 pp.)
- Terremoto 7.8 ° Pedernales (p. 21). Quito - Ecuador: Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos.
- Theurer, M. M., Jiménez, J. V., Velasco, G. M., & Zambrano, I. B. (2017). Análisis sobre la recurrencia de terremotos severos en Ecuador. *Prisma tecnológico*, 8(1), 12-17.
- Tibanalombo, J., & Villacís, A. (2013). Aplicación y sistematización de la propuesta metodológica para el análisis de vulnerabilidad de la parroquia Sangolquí, del cantón Rumiñahui. (Tesis de pregrado), Universidad de Fuerzas Armadas ESPE. Sangolquí, Ecuador. (218 pp.)
- Tito Gonzaga, D., Durán Carrillo, J.R., Robalino Bedón, C. and Toulkeridis, T., 2022: Determination of compression stress and volumetric weight of lightened concrete blocks, with the use of recycled polymers and nanoadditives. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 12(3), 1023-1031.
- Tola, A. (2016). Muisne, Ecuador Earthquake Clearinghouse. Ecuador: Earthquake Engineering Research Institute. Recuperado de <http://learningfromearthquakes.org/2016-04-16-muisne-ecuador/photo-gallery>
- Torres Rites, D. (2016). Instructivo para elaborar el Diagnóstico de Riesgos. Ministerio de Educación del Ecuador. Obtenido de <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/05/Libro2.1-Instructivo-para-elaborar-el-Diagnostico SIGR-E.pdf>
- Torres, D. (2016a). Libro 1: Política Integral de Seguridad Escolar. (p. 52). Quito - Ecuador: Ministerio de Educación.
- Torres, D. (2016b). Libro 2.2: Instructivo para elaborar el plan de emergencias. (p. 126). Quito - Ecuador: Ministerio de Educación.
- Torres, J. (2017). *Estado central, gobierno local y población ambateña en la reconstrucción de la urbe tras el terremoto del 5 de agosto de 1949*. Obtenido de Universidad Andina Simón Bolívar. Programa de Maestría.: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/5859/1/T2429-MH-Torres-Estado.pdf>
- Toulkeridis, T. (2015). Amenazas de origen natural y gestión de riesgo en el Ecuador. Imprenta de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador, 180 pp. 997830116X.
- Toulkeridis, T. and Zach, I., 2017: Wind directions of volcanic ash-charged clouds in Ecuador – Implications for the public and flight safety. *Geomatics, Natural Hazards and Risks*, 8(2): 242-256.
- Toulkeridis, T., 2016: The Evaluation of unexpected results of a seismic hazard applied to a modern hydroelectric center in central Ecuador. *Journal of Structural Engineering*, 43, (4): 373-380.
- Toulkeridis, T., Arroyo, C.R., Cruz D'Howitt, M., Debut, A., Vaca, A.V., Cumbal, L., Mato, F. and Aguilera, E., 2015: Evaluation of the initial stage of the reactivated Cotopaxi volcano - Analysis of the first ejected fine-grained material. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 3, (11): 6947-6976.
- Toulkeridis, T., Barahona-Quelal, I.N., Pilco-Paguay, E.O., Cacuango-Casco, D.M., Guilcaso-Tipán, B.S. and Sailema-Hurtado, W.P., 2021: Evaluation of seismic and tsunami resistance of potential shelters for vertical evacuation in case of a tsunami impact in Manta and Salinas, central coast of Ecuador. *Science of Tsunami Hazards*, 40(4), 286-314.
- Toulkeridis, T., Bernabé, M., Simón Baile, D., Carreón, D., Cerca, M., Culqui, J., & Zácaras, S. (2015). Gestión de Riesgo en el Ecuador. *Centro de Geología, Volcanología y Geodinámica (CGVG)–GEO1 de la ESPE*, 10.
- Toulkeridis, T., Buchwaldt, R. and Addison, A., 2007: When Volcanoes Threaten, Scientists Warn. *Geotimes*, 52: 36-39.
- Toulkeridis, T., Chunga, K., Rentería, W., Rodriguez, F., Mato, F., Nikolaou, S., Cruz D'Howitt, M., Besenzon, D., Ruiz, H., Parra, H. and Vera-Grunauer, X., 2017c: The 7.8 M_w Earthquake and Tsunami of the 16th April 2016 in Ecuador - Seismic evaluation, geological field survey and economic implications. *Science of tsunami hazards*, 36: 197-242.
- Toulkeridis, T., Flores, J., & Artieda, J. (2016). PREPARACIÓN EN EL MANEJO DE RIESGOS Y CRISIS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE DELANTE DE FENÓMENOS CATASTRÓFICOS DE ORIGEN NATURAL-PRE-TERREMOTO DEL 2016. *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, 1(3), 13-13.

- Toulkeridis, T., Jacome, A., & Mato, F. (2018). Ethics, policy, and risk assessment of the Cotopaxi volcanic crisis in Ecuador—vulnerable society versus unprepared volcanic monitoring staff and authorities. *Geoethics in Latin America*, 153-170.
- Toulkeridis, T., Martinez, N., Barrantes, G., Rentería, W., Barragan-Aroca, G., Simón-Baile, D., Palacios, I., Salazar, R., Salcedo-Hurtado, E.d.J. and Pararas-Carayannis, G., 2022. Impact and response in Central and South America due to the tsunami generated by the submarine eruption of Hunga Tonga-Hunga Ha'apai volcano. *Science of Tsunami Hazards*, 41(1), 1-38.
- Toulkeridis, T., Mato, F., Toulkeridis-Estrella, K., Perez Salinas, J.C., Tapia, S. and Fuertes, W., 2018: Real-Time Radioactive Precursor of the April 16, 2016 Mw 7.8 Earthquake and Tsunami in Ecuador. *Science of tsunami hazards*, 37: 34-48.
- Toulkeridis, T., Ortiz-Prado, E., Chunga-Moran, J., Heredia-R, M., & Debut, A. (2022). Excess Mortality Data Analysis of COVID-19 Infections and Fatalities in Ecuador. *Uniciencia*, 36(1), 280-289.
- Toulkeridis, T., Páez-Barrera, G. T., Chávez-Melo, M. F., Alvarez-Calupiña, G. F., Espinoza-Carriel, P. M., Chiriboga-Barba, D. F., ... & Sinde-González, I. (2025). Remarkable Geosites of Quito That Are Aspiring to Be a UNESCO Global Geopark. *Geosciences*, 15(4), 116.
- Toulkeridis, T., Parra, H., Mato, F., Cruz D'Howitt, M., Sandoval, W., Padilla Almeida, O., Rentería, W., Rodríguez Espinosa, F., Salazar Martinez, R., Cueva Girón, J., Taipe Quispe, A. and Bernaza Quiñonez, L., 2017: Contrasting results of potential tsunami hazards in Muisne, central coast of Ecuador. *Science of tsunami hazards*, 36: 13-40
- Toulkeridis, T., Porras, L., Tierra, A., Toulkeridis-Estrella, K., Cisneros, D., Luna, M., Carrión, J.L., Herrera, M., Murillo, A., Perez-Salinas, J.C., Tapia, S., Fuertes, W. and Salazar, R., 2019. A potential early warning system for earthquakes based on two independent real-time precursors – the case of Ecuador's 7.8 Mw in 2016. *Proceedings of the International Conference on Natural Hazards and Infrastructure 2019*, 2nd International Conference on Natural Hazards and Infrastructure, ICONHIC 2019; Chania; Greece; 23 June 2019 through 26 June 2019; Code 257429
- Toulkeridis, T., Porras, L., Tierra, A., Toulkeridis-Estrella, K., Cisneros, D., Luna, M., Carrión, J.L., Herrera, M., Murillo, A., Perez-Salinas, J.C., Tapia, S., Fuertes, W. and Salazar, R., 2019. Two independent real-time precursors of the 7.8 Mw earthquake in Ecuador based on radioactive and geodetic processes—Powerful tools for an early warning system. *Journal of Geodynamics*, 126: 12-22
- Toulkeridis, T., Rodríguez, F., Arias Jiménez, N., Simón Baile, D., Salazar Martínez, R., Addison, A., Freyre Carryon, D., Mato, F. and Díaz Perez, C., 2016: Causes and consequences of the sinkhole at El Trébol of Quito, Ecuador - Implications for economic damage and risk assessment. *Natural Hazards and Earth Science System*, 16: 2031–2041
- Toulkeridis, T., Rosenfeld, H. G., Rizzi, F. N., Castillo-Fortina, A., Jaeggi-Castagno, J., Vizuete, K., ... & Cruz-D, M. (2025). Implications of the eruptive behavior based on volcanic ash emitted during the 2015 activity of the Cotopaxi volcano, Ecuador. *Multidisciplinary Science Journal*, 7(3), 2025121-2025121.
- Toulkeridis, T., Seqqat, R., Arias, M. T., Salazar-Martinez, R., Ortiz-Prado, E., Chunga, S., ... & Debut, A. (2022). Volcanic Ash as a precursor for SARS-CoV-2 infection among susceptible populations in Ecuador: A satellite Imaging and excess mortality-based analysis. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 16(6), 2499-2511.
- Toulkeridis, T., Seqqat, R., Torres A, M., Ortiz-Prado, E., & Debut, A. (2020). COVID-19: Pandemic in Ecuador: a health disparities perspective. *Revista de Salud Pública*, 22(3).
- Toulkeridis, T., Simón Baile, D., Rodríguez, F., Salazar Martínez, R., Arias Jiménez, N., Carreon Freyre, D., 2015: Subsidence at the "trébol" of Quito, Ecuador: An indicator for future disasters?. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 372, 12 November 2015: 151-155
- Toulkeridis, T., Sínde-González, I. and Orbe, J. 2022. Glacial lake tsunami of 13 October 2000 on "El Altar" volcano of Ecuador. *Science of Tsunami Hazards*, 41(3), 311-335
- Toulkeridis, T., Tamayo, E., Simón-Baile, D., Merizalde-Mora, M.J., Reyes –Yunga, D.F., Viera-Torres, M. and Heredia, M., 2020. Climate change according to Ecuadorian academics—Perceptions versus facts. *La Granja*, 31(1), 21-49
- Toulkeridis, T., Torres, J., Artieda, J., Maisincho, J., & Molina, D. (2019). PREPARACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE FRENTE A FENÓMENOS CATASTRÓFICOS DE ORIGEN NATURAL EN EL 2018–POST COTOPAXI DEL 2015 Y POST-TERREMOTO DEL 2016. *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, 4(2), 40-40.
- U.S. Department of Education. (2013). Guide for Developing High-Quality School Emergency Operations Plans. (p.). Washington D.C.

- U.S. Geological Survey & Escuela Politécnica Nacional. (2003). *Mapa de Fallas y Pliegues Cuaternarias de Ecuador y Regiones Oceánicas Adyacentes*.
- UNICEF, Centroamérica, C. d. E. y. C. d., & (EIRD), E. I. p. l. R. d. D. (2017). Escuela segura en territorio seguro. (p. 132). Panamá: Coordinación de Educación y Cultura de Centroamérica.
- Vaca, A.V., Arroyo, C.R., Debut, A., Toulkeridis, T., Cumbal. L., Mato, F., Cruz D'Howitt, M. and Aguilera, E., 2016: Characterization of fine-grained material ejected by the Cotopaxi volcano employing X-ray diffraction and electron diffraction scattering. *Biology and Medicine*, 8: 3
- Vargas Molina, J. G. (2014). *Historia Resumida de la Armada del Ecuador*. Guayaquil.
- Vásquez León, C. (2015). *Análisis del desempeño sísmico del edificio Peña, aplicando la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 vigente en el Distrito Metropolitano de Quito en el año 2015*. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2202>
- Velastegui-Cáceres, L. A., Guevara-Bonifaz, B., Velastegui-Cáceres, J., & Toulkeridis, T. (2024). Implementation of Laser Scanning and HBIM Technology for the Structural Evaluation of Built Heritage in Ecuador.
- Vicente, R., Parodi, S., Lagomarsino, S., Varum, H., & Mendes da Silva, J. A. R. (2008, October). Seismic vulnerability assessment, damage scenarios and loss estimation. Case study of the old city centre of Coimbra, Portugal. In *Proceedings of the 14th world conference on earthquake engineering, Beijing, China* (pp. 12-17).
- Voigt, S., Schneiderhan, T., Twele, A., Gähler, M., Stein, E., & Mehl, H. (2011). Rapid damage assessment and situation mapping: learning from the 2010 Haiti earthquake. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing (PE&RS)*, 77(9), 923-931.
- Yamanaka, Y., Tanioka, Y., & Shiina, T. (2017). A long source area of the 1906 Colombia–Ecuador earthquake estimated from observed tsunami waveforms. *Earth, Planets and Space*, 69(1), 1-11.
- Ye, L., Kanamori, H., Avouac, J. P., Li, L., Cheung, K. F., & Lay, T. (2016). The 16 April 2016, MW 7.8 (MS 7.5) Ecuador earthquake: A quasi-repeat of the 1942 MS 7.5 earthquake and partial re-rupture of the 1906 MS 8.6 Colombia–Ecuador earthquake. *Earth and Planetary Science Letters*, 454, 248-258.
- Yepes, H. (2014). Breve reseña de los sismos provenientes de la falla geológica de Quito que han afectado a la Capital. Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, Quito
- Yépez V., Toledo, J. and Toulkeridis, T., 2020. The Armed Forces as a State institution in immediate response and its participation as an articulator in the risk management in Ecuador. *Smart Innovation, Systems and Technologies* 181, 545-554.
- Zafrir Vallejo, R., Padilla-Almeida, O., Cruz D'Howitt, M., Toulkeridis, T., Rodriguez Espinosa, F., Mato, F. and Morales Muñoz, B., 2018: Numerical probability modeling of past, present and future landslide occurrences in northern Quito, Ecuador – Economic implications and risk assessments. 2018 5th International Conference on eDemocracy and eGovernment, ICEDEG 2018 8372318: 117-125.
- Zambrano-Coello, K.A., Chunga, K. and Toulkeridis, T., 2023. Analysis of local risk perception in the event of a tsunami – a case study in Manta, coastal Ecuador. *Science of Tsunami Hazards*, 42(2), 65-93.
- Zambrano, C. (2019). EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA Y ANÁLISIS DE POSIBLE INTERVENCIÓN Y REFORZAMIENTO DEL EDIFICIO VENUS LOOR UBICADO EN EL CANTÓN PEDERNALES. En C. ZAMBRANO, *EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA Y ANÁLISIS DE POSIBLE INTERVENCIÓN Y REFORZAMIENTO DEL EDIFICIO VENUS LOOR UBICADO EN EL CANTÓN PEDERNALES*. (pág. 19). Manabí: Manabí, 2019
- Zambrano, J. B. (4 de Abril de 2022). *El UNIVERSO*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/seis-anos-despues-del-potente-terremoto-en-pedernales-hay-familias-que-esperan-un-techo-propio-y-titulos-de-propiedad-nota-2/>
- Zapata, A., Sandoval, J., Zapata, J., Ordoñez, E., Suango, V., Moreno, J., Mullo, C., Tipán, E., Rodríguez, K.E. and Toulkeridis, T., 2020. Application of quality tools for evaluation of the use of geo-information in various municipalities of Ecuador. In *Conference on Information and Communication Technologies of Ecuador* (pp. 420-433). Springer, Cham.
- Zucca, M., Crespi, P. G., & Longarini, N. (2017). Seismic vulnerability assessment of an Italian historical masonry dry dock. *Case Studies in Structural Engineering*, 7, 1-23.

ISBN: 978-9942-929-29-7



9 789942 929297

...el mayor objetivo es evitar que las instalaciones educativas de cualquier índole y propósito, se vean afectadas o destruidas en caso de un terremoto...

Prof. Dr. Theofilos Toulkeridis

