



**Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de Unidades educativas y universidades en Latacunga,  
Ambato y Riobamba, basada en la guía FEMA P-1000.**

**Arroba Giraldo, Andrea Mariela; Chiliquina López, Yadira Alexandra; Córdova Córdova, José  
Javier; Lema Morocho, Juan Felipe; Pomatoca Guashpa, Ingrid Patricia y Quishpe Mejía, Jennifer  
Karina.**

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción  
Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de Integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

Dr. Toulkeridis, Theofilos

22 de febrero del 2024



# Copyleaks

## Plagiarism and AI Content Detection Report

TESIS\_LATACUNGA AMBATO RIOBAMB...

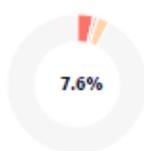
### Scan details

Scan time: February 23th, 2024 at 14:29 UTC

Total Pages: 83

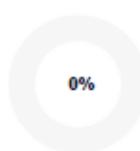
Total Words: 20508

### Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	3.8%	775
Minor Changes	1%	207
Paraphrased	2.8%	579
Omitted Words	0%	0

### AI Content Detection



Text coverage		Words
AI text	0%	0
Human text	100%	20508

[Learn more](#)

### Plagiarism Results: (98)

Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseñ... 0.8%

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s0185-092x2016000100001](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0185-092x2016000100001)

Servicios Personalizados Revista SciELO Analytics Google Scholar H5M5 ...

Bibliographies: 'Daños sísmicos' - Grafiati 0.8%

<https://www.grafiati.com/en/literature-selections/danos-sismicos/>

0185-092X-ris-94-00001.pdf 0.8%

<https://www.scielo.org.mx/pdf/ris/n94/0185-092x-ris-94-00001.pdf>

usuario

Revista de Ingeniería Sísmica No. 94 1-26 (2016) ESTUDIO DE PELIGRO SÍSMICO DE ECUADOR Y PROPUESTA DE ESPECTROS DE DISEÑO PARA LA CIUDAD...

TTS1129.pdf 0.7%

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24178/1/tts1129.pdf>

Usuario de Windows

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE USUARIO DEL PROGRAMA "R-CRISIS" Y ...





Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

### Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **"Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de Unidades educativas y universidades en Latacunga, Ambato y Riobamba, basada en la guía FEMA P-1000"** fue realizado por los señores **Arroba Giraldo Andrea Mariela, Chilibuena López Yadira Alexandra, Córdova Córdova José Javier, Lema Morocho Juan Felipe, Pomatoca Guashpa Ingrid Patricia y Quishpe Mejía Jennifer Karina**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 22 de febrero 2024



Escaneo digitalmente por:  
THEOFILOS  
TOULKERIDIS

---

Dr. Toulkeridis, Theofilos

C. C.:1717885618



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, Arroba Giraldo Andrea Mariela, Chiliquina López Yadira Alexandra, Córdova Córdova José Javier, Lema Morocho Juan Felipe, Pomatoca Guashpa Ingrid Patricia y Quishpe Mejía Jennifer Karina, con cédulas de ciudadanía n° 2100661517, 1725379034, 0202276754, 1727588525, 0604780288 y 1724290653 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de Unidades educativas y universidades en Latacunga, Ambato y Riobamba, basada en la guía FEMA P-1000 es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 22 de febrero del 2024

Arroba Giraldo  
Andrea Mariela  
C.C.: 2100661517

Chiliquina López  
Yadira Alexandra  
C.C.: 1725379034

Córdova Córdova  
José Javier  
C.C.: 0202276754

Lema Morocho  
Juan Felipe  
C.C.: 1727588525

Pomatoca Guashpa  
Ingrid Patricia  
C.C.: 0604780288

Quishpe Mejía  
Jennifer Karina  
C.C.: 1724290653



**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción**

**Carrera de Ingeniería Civil**

**Responsabilidad de Autoría**

**Autorización de Publicación**

Nosotros Arroba Giraldo Andrea Mariela, Chiliquina López Yadira Alexandra, Córdoba Córdoba José Javier, Lema Morocho Juan Felipe, Pomatoca Guashpa Ingrid Patricia y Quishpe Mejía Jennifer Karina, con cédulas de ciudadanía n° 2100661517, 1725379034, 0202276754, 1727588525, 0604780288 y 1724290653 autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de Unidades educativas y universidades en Latacunga, Ambato y Riobamba, basada en la guía FEMA P-1000 en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.**

**Sangolquí, 22 de febrero del 2024**

**Arroba Giraldo  
Andrea Mariela  
C.C.: 2100661517**

**Chiliquina López  
Yadira Alexandra  
C.C.: 1725379034**

**Córdoba Córdoba  
José Javier  
C.C.: 0202276754**

**Lema Morocho  
Juan Felipe  
C.C.: 1727588525**

**Pomatoca Guashpa  
Ingrid Patricia  
C.C.: 0604780288**

**Quishpe Mejía  
Jennifer Karina  
C.C.: 1724290653**

### **Dedicatoria**

Ha sido una etapa muy emocionante y desafiante es por ello que quiero dedicar este trabajo a mis padres Mariela y Cesar por su amor incondicional y apoyo constante desde que tome la decisión de emprender nuevos caminos para seguir mis sueños. Su amor ha sido un pilar fundamental que me ha permitido llegar hasta aquí. Dedico este trabajo a todas aquellas personas que formaron parte de toda esta maravillosa etapa académica. Porque nada es tan difícil ni desafiante cuando te sientes cómoda, alegre y acompañada durante el camino que se llama vida. Que estas palabras sean un recordatorio de la perseverancia, determinación y valentía para enfrentar desafíos y superar obstáculos.

**Arroba Giraldo Andrea Mariela**

A mis amados padres, Rosa y Marco, por su apoyo incondicional, su sabiduría y sus consejos a lo largo de este camino académico.

A mi hermano Marlon, quien siempre me motiva y alienta para cumplir mis metas.

A mi abuelito Fausto, quien siempre está pendiente de mí y se alegra con cada uno de mis logros.

**Chiliquinga López Yadira Alexandra**

Dedico este trabajo principalmente a mi familia, mi madre Elisabed del Roció, mi inspiración, quien me ha apoyado incondicionalmente a lo largo de mi carrera universitaria, desde mi primer día de clases, brindando comprensión, amor y aliento para que no me rinda durante este proceso.

A mi abuelito José, quien ha sido mi figura paterna, lo más cercano que he tenido a un padre, me han enseñado el valor y la importancia de ser un persona puntual, recta y honesta.

A mis tías: Marianela, Liliana y Tomaza, que han sido como mi segunda madre, apoyándome siempre en los momentos difíciles que he tenido que afrontar a lo largo de mi vida.

A mis primos: Miguel, Deisy, Humberto y Diego, quienes han sido como hermanos, confidentes y compañeros de aventura a lo largo de los años, desde nuestras travesuras de la niñez hasta los restos de la vida adulta, compartiendo lágrimas alegrías y risas en cada paso que he dado hasta el día de hoy.

A los amigos que conocí durante esta etapa maravillosa de vida universitaria, con quienes he compartido grandes experiencias que han contribuido a mi desarrollo académico y personal para convertirme en el gran hombre que ahora soy.

**Córdova Córdova José Javier**

A mi madre Elsa por ser el pilar de mi vida y la motivación para cumplir todo lo que me proponga, sus palabras y acciones en los buenos y malos momentos han sido el impulso para seguir adelante.

A mis hermanos David, Darwin y Katherine, su apoyo incondicional en todos los ámbitos de mi vida han sido fundamentales para lograr lo que soy hoy.

He llegado aquí por ustedes, este trabajo es sin duda, el primero de muchas metas y propósitos que tengo para mi vida y quiero que lo logremos como hasta ahora, juntos.

**Lema Morocho Juan Felipe**

A ti, Dios, que me has brindado la oportunidad de vivir esta etapa universitaria, guiándome siempre no por el camino fácil, sino por el correcto.

A mis admirables padres, Aurora y José, su amor incondicional y sus sabios consejos han sido el sólido cimiento sobre el cual he construido mis sueños. En cada desafío académico, en cada día de incertidumbre, su apoyo ha sido mi refugio seguro.

A mis queridos hermanos, Edwin Rodrigo, Nelly Petrona, Hernán Darío, José Luis, cuyos ojos perciben el mundo de una manera única y especial. Aunque el mundo pueda parecer borroso o desafiante, su capacidad para ver más allá de las limitaciones físicas ha iluminado mi camino. A través de estas páginas, intento plasmar el profundo respeto y amor que siento por ustedes, mis valientes hermanos. Los amo con todo mi corazón.

El amor incondicional de mi abuelita Petrona, mi segunda madre, ha sido mi mayor motivación. Anhele profundamente que sienta orgullo por mí.

#### **Pomatoca Guashpa Ingrid Patricia**

Este trabajo está dedicado a Dios, a mis padres Rocío y Rómulo, que gracias a sus esfuerzos he logrado cumplir una meta más en esta vida, a mis hermanos Miguel y Alejandro quienes son los ejes fundamentales de mis logros alcanzados hasta el día de hoy.

A mis tíos Edwin, Beatriz, Edmundo, Eliza, Norma, Melchor, Oscar quienes me han visto crecer y a pesar de todo han estado siempre ahí para mí con sus palabras de aliento.

Esta meta alcanzada es para ustedes y por ustedes, como familia, como equipo y como amigos.

#### **Quishpe Mejía Jennifer Karina**

## **Agradecimiento**

Ha sido un largo recorrido del cual ha traído consigo una serie de ajustes y cambios tanto personales, sociales y académico. Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi madre Mariela por ser un motor fundamental en mi carrera, por enseñarme a valorar los pequeños detalles de la vida y por ser mi guía para ayudarme a encontrar mi camino. Agradezco a mi padre por sus palabras de sabiduría, consejos y orientación constante fueron fundamentales para mantenerme soñando, pero con los pies firmes plantados en la tierra. Agradezco a mi hermano Joan por sus palabras de aliento cuando me sentía sola. A mis abuelitos Hilda y Ramon por su constante aliento y comprensión durante este proceso su calidez, alegría y amor me han enseñado que el miedo es solo una voz interna que no tiene significado a lado de todos mis sueños. A mi familia les debo todo. Su amor incondicional y su sacrificio han sido mi mayor fortaleza. Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi corazón Javier Delgado por su constante apoyo incondicional en aquellos momentos difíciles gracias por tu amor, tu humor, tus locuras y tus travesuras eres una persona excepcional de la cual aprendo algo nuevo cada día. Admiro tu perseverancia y determinación. Gracias por tu incondicional compañía.

Agradezco a mis amigos de la infancia con los cuales he compartido aventuras y quienes me han ayudado a madurar y me marcaron de por vida. Y también a esos amigos que la vida me presento a lo largo del camino Universitario con quienes hemos compartido experiencias inolvidables, desafíos académicos y momentos de crecimiento personal.

Agradezco a mi tutor Theofilos Toulkeridis por su dedicación, paciencia y guía a lo largo de este proceso de investigación. Sus conocimientos y motivación han sido fundamentales para el desarrollo y culminación de este trabajo. Así como a todos los docentes que han formado parte de este importante capítulo de mi vida académica.

Este logro no solo es mío, sino también de todos ustedes.

**Arroba Giraldo Andrea Mariela**

A mis amados padres, Rosa López y Marco Chilingua, por el gran sacrificio que hacen para darme todo lo necesario y por su confianza, han sido parte fundamental en cada etapa de mi vida académica y personal.

A mi estimada amiga y compañera de titulación, Ingrid, gracias por tu amistad, tu dedicación y apoyo al largo de la carrera y, sobre todo en este proceso de titulación.

A mis amigos, Kari Galindo, Helen Copara, Paul Pérez y Ricardo Morales que fueron parte de este proceso de formación académica fuera y dentro de las aulas, gracias por compartir sus conocimientos de manera desinteresada.

**Chilingua López Yadira Alexandra**

Agradezco principalmente a mi madre, por ser el pilar principal en mi vida, le debo todo el sacrificio, amor y confianza que me ha dedicado a lo largo de los años desde la infancia hasta la actualidad, su existencia y apoyo incondicional ha sido mi fuente constante de inspiración.

A mi abuelito, tías y primos quienes han desempeñado un papel importante a lo largo de mi vida, apoyándome en los momentos difíciles, en los que he necesitado de sus consejos y recomendaciones para afrontar de la mejor manera y nunca perder de vista las metas que me he planteado cumplir a cabalidad.

A Theo, mi tutor en este trabajo que he realizado para cumplir uno de mis objetivos, le agradezco toda la sabiduría y el conocimiento que me ha impartido durante este periodo, el cual lo voy a aprovechar de la mejor manera para mi vida profesional.

A mis amigos y compañeros en este proyecto que no solo hubiera sido nada sin ustedes, sino con toda la gente que he conocido en esta etapa de mi vida que estuvo a nuestro alrededor desde el comienzo, algunos siguen hasta el día hoy, gracias totales.

**Córdova Córdova José Javier**

A mi madre Elsa, a mis hermanos David, Darwin y Katherine, por su ayuda y consejos brindados en todo momento de mi vida, que ante cualquier adversidad siempre han buscado la mejor solución, valoro y reconozco la prioridad que me han dado.

**Lema Morocho Juan Felipe**

Agradezco a Dios por su infinita sabiduría y misericordia han sido una fuente constante de inspiración y apoyo en cada etapa de este viaje.

A mis queridos padres, Aurora y José, por su dedicación, por haberse sacrificado y trabajado arduamente para proporcionarme todo lo que necesito. Les agradezco profundamente por su constante orientación, sabiduría y aliento, los cuales me han ayudado a crecer y a alcanzar mis metas.

A mis hermanos/as, Edwin, Adriana, Nelly, Hernán, José y Robinson, quienes han sido una fuente constante de apoyo y motivación durante este proceso.

A Yadira, que más allá de ser mi compañera de titulación, fue mi amiga incondicional, quiero expresar mi más profundo agradecimiento por tu colaboración, dedicación y apoyo incondicional durante todo el proceso de elaboración de este trabajo.

A mis amigos Paul Pérez, Ricardo Morales, Helen Copara, Kelly Galarza, Jessica Chuma y Andrea Arroba por todo lo compartido dentro y fuera de las clases. Cada uno de ustedes ha sido una parte importante en este camino, gracias por los momentos compartidos juntos.

**Pomatoca Guashpa Ingrid Patricia**

A Dios por permitirme contar con el apoyo de mi familia, en cada decisión importante de mi vida, quienes siempre me han permitido tomar mis decisiones de manera libre, dándome siempre su opinión para ser feliz cada día.

Agradezco a todos mis docentes universitarios por compartir sus conocimientos y experiencias, en especial a mi tutor Theo, que desde el día que lo conocí ha demostrado ser excelente profesional, excelente persona y un amigo para cada uno de sus estudiantes, agradezco también a la Ingeniera Martha Pazmiño por haber estado en un momento crucial con sus palabras de aliento, dejando su papel de educadora para demostrar su gran corazón; agradezco también a la Ingeniera Blanca Chávez por su compromiso en la enseñanza y apoyo a cada uno de sus alumnos sin olvidar su ética profesional.

Agradezco mucho a mis amigos Joseph, Josué, Carlos, Steven que siempre han estado ahí, para darme el empujón que hace falta para continuar cuando he sentido desmayar, considero y aprecio todo su cariño, su presencia en cada evento importante de mi vida, agradezco también a las personas que demostraron ser compañeros y con el tiempo amigos de vida universitaria, que a pesar de nuestros altos y bajos estaban ahí Irma, Edison y Tania, gracias por su compañía y aprendizaje que me han brindado.

**Quishpe Mejía Jennifer Karina**

## Índice de contenidos

Reporte de similitud de contenidos .....	2
Certificado.....	3
Responsabilidad de Autoría .....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	9
Índice de contenidos .....	13
Índice de tablas .....	16
Índice de figuras.....	21
Resumen .....	22
Abstract.....	23
Generalidades .....	24
Planteamiento del problema.....	24
Antecedentes .....	25
Objetivos .....	28
Objetivo General .....	28
Objetivos Específicos.....	28
Marco Teórico .....	28
Riesgo Sísmico.....	28
Caracterización del Riesgo Sísmico.....	29
Peligro Sísmico .....	29
Vulnerabilidad Sísmica en Ecuador .....	29
Métodos para el cálculo de la vulnerabilidad.....	31

Método Federal Emergency Management Agency (FEMA) .....	31
Método de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) .....	31
Guía para la Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica para Unidades Educativas adaptada por Ballesteros y Caizaguano .....	32
Parámetros del Grupo de Vulnerabilidad GV1.....	34
Parámetros del Grupo de Vulnerabilidad GV2.....	44
Parámetros del Grupo de Vulnerabilidad GV3.....	50
Vulnerabilidad Total (VT).....	55
Elemento del Terreno (E).....	56
Capacidad de Respuesta (CR) .....	56
Nivel de Exposición a la amenaza (NE).....	58
Riesgo Sísmico Global (Rs).....	59
Escuelas como un sitio seguro .....	59
Zonas de estudio .....	61
Ciudad de Latacunga .....	61
Ciudad de Ambato.....	62
Ciudad de Riobamba .....	64
Metodología.....	69
Caso de estudio.....	70
Ciudad de Latacunga .....	71
Instituciones educativas seleccionadas y universidades.....	71
Ciudad de Ambato .....	72
Instituciones educativas seleccionadas y universidades.....	72
Ejemplo de escuela evaluada .....	73

Ciudad de Riobamba .....	97
Instituciones educativas seleccionadas y universidades.....	97
Resultados.....	98
Ciudad de Latacunga .....	98
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (Campus Belisario Quevedo).....	98
Ciudad de Ambato .....	109
Pontificia Universidad Católica del Ecuador .....	109
Ciudad de Riobamba .....	122
Universidad Nacional de Chimborazo.....	122
Conclusiones y recomendaciones .....	143
Conclusiones .....	143
Recomendaciones .....	144
Referencias.....	146

### Índice de tablas

Tabla 1 <i>Grado de vulnerabilidad por número de pisos</i> .....	34
Tabla 2 <i>Tipos de Edificaciones FEMA</i> .....	35
Tabla 3 <i>Grado de Vulnerabilidad de Tipos de Edificaciones FEMA.</i> .....	42
Tabla 4 <i>Grado de Vulnerabilidad por Golpeteo.</i> .....	43
Tabla 5 <i>Grado de Vulnerabilidad por Adyacencia.</i> .....	43
Tabla 6 <i>Grado de Vulnerabilidad por Tipo de Perfil de Suelo.</i> .....	44
Tabla 7 <i>Grado de vulnerabilidad por Relación Largo/Ancho.</i> .....	45
Tabla 8 <i>Grado de Vulnerabilidad por Irregularidad en Planta.</i> .....	46
Tabla 9 <i>Grado de Vulnerabilidad por Ampliaciones Verticales.</i> .....	46
Tabla 10 <i>Grado de Vulnerabilidad por Ampliaciones Horizontales.</i> .....	47
Tabla 11 <i>Grado de vulnerabilidad por Patologías en Vigas.</i> .....	48
Tabla 12 <i>Grado de Vulnerabilidad por Patologías en Columnas.</i> .....	48
Tabla 13 <i>Grado de Vulnerabilidad por grietas en Losas de Entrepiso y Cubiertas Planas.</i> .....	49
Tabla 14 <i>Grado de Vulnerabilidad por Patologías en Paredes.</i> .....	50
Tabla 15 <i>Grado de Vulnerabilidad de elementos no estructurales exteriores</i> .....	51
Tabla 16 <i>Grado de Vulnerabilidad de elementos no estructurales interiores.</i> .....	51
Tabla 17 <i>Grado de Vulnerabilidad por Estado de conservación de la Edificación.</i> .....	52
Tabla 18 <i>Grado de Vulnerabilidad por Estado de conservación de la Cubierta.</i> .....	53
Tabla 19 <i>Grado de Vulnerabilidad en Puertas de Salida o de Emergencia.</i> .....	54
Tabla 20 <i>Grado de Vulnerabilidad por Ventanas</i> .....	54
Tabla 21 <i>Grado de Vulnerabilidad por accesibilidad inclusiva.</i> .....	55
Tabla 22 <i>Importancia de edificación según elemento del terreno</i> .....	56
Tabla 23 <i>Grados de capacidad de respuesta</i> .....	57

Tabla 24 <i>Grado de Capacidad de Respuesta</i> .....	57
Tabla 25 <i>Nivel de exposición a la Amenaza</i> .....	58
Tabla 26 <i>Ubicación Geográfica de Riobamba</i> .....	64
Tabla 27 <i>Mapa Geológico Local de la ciudad de Riobamba.</i> .....	65
Tabla 28 <i>Clasificación de los materiales geológicos en la ciudad de Riobamba.</i> .....	66
Tabla 29 <i>Instituciones evaluadas en Latacunga</i> .....	71
Tabla 30 <i>Instituciones evaluadas en Ambato</i> .....	72
Tabla 31 <i>Año de construcción (Puntaje Base)</i> .....	74
Tabla 32 <i>Número de pisos (GV1)</i> .....	74
Tabla 33 <i>Tipo de edificio FEMA (GV1)</i> .....	75
Tabla 34 <i>Condición de golpeteo (GV1)</i> .....	76
Tabla 35 <i>Condición de adyacencia (GV1)</i> .....	76
Tabla 36 <i>Tipo de perfil de suelo (GV1)</i> .....	77
Tabla 37 <i>Puntaje GV1</i> .....	77
Tabla 38 <i>Relación largo ancho (GV2)</i> .....	78
Tabla 39 <i>Irregularidad en planta (GV2)</i> .....	78
Tabla 40 <i>Irregularidad en elevación GV2</i> .....	79
Tabla 41 <i>Ampliaciones verticales (GV2)</i> .....	80
Tabla 42 <i>Ampliaciones horizontales (GV2)</i> .....	80
Tabla 43 <i>Patologías en vigas, columnas y losas (GV2)</i> .....	81
Tabla 44 <i>Patologías en paredes (GV2)</i> .....	82
Tabla 45 <i>Puntaje GV2</i> .....	83
Tabla 46 <i>Elementos no estructurales exteriores (GV3)</i> .....	84
Tabla 47 <i>Elementos no estructurales interiores (GV3)</i> .....	84

Tabla 48 <i>Estado de conservación de la edificación (GV3)</i> .....	85
Tabla 49 <i>Estado de conservación de cubiertas (GV3)</i> .....	85
Tabla 50 <i>Puertas de salida o de emergencia (GV3)</i> .....	86
Tabla 51 <i>Ventanas (GV3)</i> .....	86
Tabla 52 <i>Accesibilidad inclusiva (GV3)</i> .....	87
Tabla 53 <i>Puntaje GV3</i> .....	87
Tabla 54 <i>Formulario Coeficiente de respuesta</i> .....	89
Tabla 55 <i>Cálculo del Coeficiente de respuesta</i> .....	96
Tabla 56 <i>Unidades Educativas y Universidades seleccionadas en Riobamba</i> .....	97
Tabla 57 <i>Datos Generales de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Campus Belisario Quevedo</i> ..	99
Tabla 58 <i>Descripción de los edificios de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Campus Belisario Quevedo</i> .....	99
Tabla 59 <i>Vulnerabilidad Total de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Campus Belisario Quevedo</i> . .....	102
Tabla 60 <i>Capacidad de respuesta de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (Campus Belisario Quevedo)</i> . .....	103
Tabla 61 <i>Riesgo global de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (Campus Belisario Quevedo)</i> . ..	103
Tabla 62 <i>Resultados de las Unidades Educativas y Universidades evaluadas en la ciudad de Latacunga</i> .....	103
Tabla 63 <i>Esquemas de vulnerabilidad de las edificaciones de las U.E. y Universidades</i> .....	104
Tabla 64 <i>Porcentajes de Edificaciones según su norma de construcción</i> .....	108
Tabla 65 <i>Porcentajes de tipo de estructuras</i> .....	108
Tabla 66 <i>Porcentajes de estado de conservación general de las edificaciones</i> .....	108

Tabla 67 <i>Porcentajes de las Unidades Educativas según el cumplimiento de parámetros de puertas y ventanas</i> .....	108
Tabla 68 <i>Porcentajes de las Unidades Educativas según el cumplimiento de accesibilidad inclusiva</i> .....	109
Tabla 69 <i>Porcentajes de categoría de Unidades educativas según Riesgo Global</i> .....	109
Tabla 70 <i>Datos Generales "Pontificia Universidad Católica del Ecuador"</i> .....	110
Tabla 71 <i>Descripción de los edificios de la " Pontificia Universidad Católica del Ecuador "</i> .....	111
Tabla 72 <i>Descripción de los edificios de la "Pontificia Universidad Católica del Ecuador"</i> .....	115
Tabla 73 <i>Capacidad de respuesta " Pontificia Universidad Católica del Ecuador "</i> .....	116
Tabla 74 <i>Riesgo global de la " Pontificia Universidad Católica del Ecuador "</i> .....	117
Tabla 75 <i>Esquemas de vulnerabilidad de las instituciones educativas de Ambato</i> .....	117
Tabla 76 <i>Resultados de las Unidades Educativas y Universidades evaluadas en la ciudad de Ambato</i> ..	119
Tabla 77 <i>Porcentajes de Edificaciones según su norma de construcción</i> .....	120
Tabla 78 <i>Porcentajes de tipo de estructuras</i> .....	120
Tabla 79 <i>Porcentajes de estado de conservación general de las edificaciones</i> .....	120
Tabla 80 <i>Porcentajes de las Unidades Educativas según el cumplimiento de parámetros de puertas y ventanas</i> .....	121
Tabla 81 <i>Porcentajes de las Unidades Educativas según el cumplimiento de accesibilidad inclusiva</i> .....	121
Tabla 82 <i>Porcentajes de categoría de Unidades educativas y universidades según Riesgo Global</i> .....	121
Tabla 83 <i>Datos Generales de la UNACH</i> .....	122
Tabla 84 <i>Descripción de los edificios de la UNACH</i> .....	123
Tabla 85 <i>Vulnerabilidad Total de UNACH de Riobamba</i> .....	131
Tabla 86 <i>Capacidad de respuesta de la Universidad Nacional de Chimborazo</i> .....	133
Tabla 87 <i>Riesgo Global de la de la Universidad Nacional de Chimborazo</i> .....	133

Tabla 88 <i>Esquemas de Vulnerabilidad de las Edificaciones de la Unidades Educativas Publicas de Riobamba y universidades</i> .....	133
Tabla 89 <i>Resultados de las unidades educativas y universidades evaluadas en la ciudad de Riobamba.</i>	139
Tabla 90 <i>Porcentajes de Edificaciones según su norma de construcción</i> .....	140
Tabla 91 <i>Porcentajes de tipo de estructuras FEMA</i> .....	140
Tabla 92 <i>Porcentaje general de estado de conservación de las edificaciones</i> .....	140
Tabla 93 <i>Porcentaje general según el cumplimiento de parámetros de puertas</i> .....	141
Tabla 94 <i>Porcentaje general según el cumplimiento de parámetros de ventanas</i> .....	141
Tabla 95 <i>Porcentaje general según el cumplimiento de accesibilidad inclusiva</i> .....	141
Tabla 96 <i>Porcentajes de categoría de Unidades educativas y Universidades según Riesgo Global</i> .....	142
Tabla 97 <i>Porcentajes de Vulnerabilidad Total de Unidades educativas y Universidades</i> .....	142

## Índice de figuras

Figura 1 <i>Zonas sísmicas del Ecuador.</i> .....	30
Figura 2 <i>Mapa de las fallas cercanas a la ciudad de Riobamba.</i> .....	67
Figura 3 <i>Flujograma de Evaluación de Vulnerabilidad de Edificios.</i> .....	70
Figura 4 <i>Mapa de Unidades Educativas y Universidades seleccionadas en Latacunga</i> .....	72
Figura 5 <i>Mapa de Unidades Educativas y Universidades seleccionadas en Ambato</i> .....	73
Figura 6 <i>Grado de Vulnerabilidad</i> .....	88
Figura 7 <i>Mapa de unidades educativas y universidades seleccionadas en Riobamba</i> .....	97
Figura 8 <i>Croquis de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Campus Belisario Quevedo</i> ..	101
Figura 9 <i>Esquema de Vulnerabilidad de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Campus Belisario Quevedo</i> .....	102
Figura 10 <i>Croquis "Pontificia Universidad Católica del Ecuador"</i> .....	110
Figura 11 <i>Esquema de vulnerabilidad " Pontificia Universidad Católica del Ecuador "</i> .....	116
Figura 12 <i>Croquis de la Universidad Nacional de Chimborazo</i> .....	122
Figura 13 <i>Esquema de Vulnerabilidad de la Universidad Nacional de Chimborazo</i> .....	132

## Resumen

El presente estudio se centra en la gestión y aplicación de la guía FEMA P-1000, cuyo objetivo es garantizar la seguridad y el bienestar en las universidades, institutos de educación superior y unidades educativas de nivel inicial, básica y bachillerato, en diversas ciudades del Ecuador que son propensas a los desastres naturales. El enfoque principal del análisis de la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones, es comprender el riesgo asociado con la falta de planes de evacuación, adecuados en situaciones de catástrofe. En consecuencia, una correcta evaluación de la infraestructura de las unidades educativas contribuye a reducir los posibles daños humanos y materiales. Se considera parámetros que son visibles o detectables dentro de un análisis cualitativo en los elementos principales de la estructura, estos elementos pueden tener un comportamiento indeseado durante un sismo de gran magnitud. Además, el año de construcción de cada edificación, el número de pisos, el tipo de suelo y la geometría propia de la edificación, así como elementos como vigas, columnas y mampostería, que son evaluados mediante la aplicación de la guía FEMA P-1000.

La guía FEMA P-1000 se implementó y aplicó en tres ciudades de gran relevancia debido a su ubicación tectónica y al tipo de suelo en el que se encuentran. En Latacunga, se llevó a cabo el análisis en 8 unidades de educativas, medianamente pobladas y 3 instituciones de educación superior. En Ambato, la evaluación se realizó en 3 unidades de educativas y 6 instituciones de educación superior. Por último, en Riobamba, el estudio se centró en 3 unidades educativas más pobladas y 2 instituciones de educación superior con las mismas características.

Se categoriza a cada institución según los resultados obtenidos del estudio de vulnerabilidad sísmica, y se procede al cálculo del nivel de riesgo en el que se encuentra cada institución educativa. Se evidencia así las deficiencias porcentuales para el cumplimiento de los parámetros establecidos en la guía FEMA P-1000.

*Palabras clave:* vulnerabilidad, unidades educativas, educación superior, riesgo sísmico.

### **Abstract**

The present study focuses on the management and application of the FEMA P-1000 guide, whose objective is to guarantee safety and well-being in universities, institutes of higher education and educational units at the initial, basic and high school levels in various cities of Ecuador that are prone to natural disasters. The main focus of the analysis of seismic vulnerability in buildings is to understand the risk associated with the lack of adequate evacuation plans in disaster situations. Consequently, a correct assessment of the infrastructure of educational units contributes to reduce possible human and material damage. It considers parameters that are visible or detectable within a qualitative analysis in the main elements of the structure, these elements may have an undesired behavior during a large magnitude earthquake. In addition, the year of construction of each building, the number of floors, the type of soil and the geometry of the building itself, as well as elements such as beams, columns and masonry, which are evaluated through the application of the FEMA P-1000 guide.

The FEMA P-1000 guide was implemented and applied in three cities of great relevance due to their tectonic location and the type of soil on which they are located. In Latacunga, the analysis was carried out in 8 medium-populated educational units and 3 higher education institutions. In Ambato, the evaluation was carried out in 3 educational units and 6 higher education institutions. Finally, in Riobamba, the study focused on 3 more populated educational units and 2 higher education institutions with the same characteristics.

Each institution was categorized according to the results obtained from the seismic vulnerability study, and the risk level of each educational institution was calculated. This shows the percentage deficiencies in compliance with the parameters established in the FEMA P-1000 guide.

*Keywords:* vulnerability, educational units, higher education, seismic risk.

## Generalidades

### *Planteamiento del problema*

A lo largo de los años los fenómenos sísmicos representan una amenaza significativa en todo el mundo. Cada zona urbana se enfrenta a eventos sísmicos que trae consigo consecuencias devastadoras en los sistemas constructivos, ámbito económico, social y en términos de vidas humanas, ellos han destrozado a varios países en todo el mundo. Por ejemplo, el Huracán Katrina (2005) que golpeó el sur este de los Estados Unidos, que dejó un total de 1,833 fallecidos, el terremoto de Haití (2010) dejó un saldo de 316,000 víctimas mortales. (Ballesteros Salazar, 2020).

Estos fenómenos inesperados deben generar mayor conciencia, lo que conlleva a elaborar normas y leyes que garanticen la estabilidad y seguridad de diversas estructuras. La peligrosidad sísmica es la probabilidad que ocurra un terremoto en una zona determinada esto dependerá principalmente de las características geológicas y geotécnicas del lugar, por lo general se dan en sitios delimitados por las diferentes placas tectónicas. (Hernández, 2002).

La Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA, sigla en inglés) se encarga de proteger al país contra todo tipo de riesgos y desastres, tales como inundaciones, terremotos, tornados, huracanes y emergencias nacionales. Además, proporciona un programa de contingencia y recuperación que garantiza el bienestar de individuos y negocios en caso de un desastre. (Ballesteros Salazar, 2020), (P-1000, 2017).

El Ecuador se ubica en el “cinturón de fuego del pacífico”, el que es un margen continental activo dado por su posición geográfica y geodinámica, que alberga una gran cantidad de cadenas de volcanes activos que generan una alta actividad sísmica en toda la región; en consecuencia provoca movimientos de subducción, en un promedio de 7 cm/año en dirección este-noreste por la presencia de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana. ( Quizhpilema Piray & Sigcho Gordillo, 2017).

A la historia del Ecuador se asocia la presencia de grandes terremotos y sismos que han sacudido el territorio continental donde se evidencio graves daños estructurales; cabe resaltar que en el siglo XX hubo un movimiento telúrico histórico del terremoto de Ambato (1949), en cambio en el siglo XXI, el de Ecuador-Colombia en el año 1906 y el más recientemente en el año 2016 en la zona costera del país entre las provincias de Manabí y Esmeraldas de magnitud de 7,8 MW. (Chávez Ordóñez, 2016) (Aldana Chanataxi, y otros, 2022).

En consecuencia, se evalúa la vulnerabilidad sísmica de las Unidades Educativas y Universidades, en Latacunga, Ambato y Riobamba, debido a que son lugares donde existe concentración de vida humana y frente a un desastre natural son las más propensas a generar pérdidas humanas en masa y pérdidas económicas a gran escala.

### **Antecedentes**

La vulnerabilidad del ser humano frente a las grandes catástrofes naturales se evidencia día a día en los diferentes puntos geográficos a nivel mundial, donde las organizaciones gubernamentales, velan por el bienestar de sus ciudadanos; en función de lecciones aprendidas en eventos históricos de manera integral.

Los terremotos de grande, mediana y pequeña magnitud han dejado rastro de su poder de destrucción, “en promedio de 24.6 (rango 13-43) terremotos afectó a las poblaciones humanas, anualmente, entre 1980 y 2009, que se distribuyeron de manera relativamente uniforme, a lo largo de las regiones del Pacífico Occidental, Américas y Mediterráneo Oriental, cada región representa, entre 20 y 25 de los siniestros” (Salazar-Arbelaez, 2018). México en 1985, Sumatra en 2004, Haití en 2010, Japón en 2011. México se ubica en una de las zonas tectónicamente más activas del planeta. Aquí se han registrado cinco grandes sismos (con magnitud  $\geq 8.0$ ) que causo la destrucción de edificaciones y pérdidas humanas, particularmente en aquellos estados situados cerca de la trinchera Mesoamericana, donde ocurre la convergencia entre las placas de Cocos y norteamericana. (Ávila Barrientos, 2021).

El 15 de marzo de 1657, Chile sufrió un gran terremoto de magnitud 8 que conllevó a que se genere un Tsunami nivel moderado con una duración de 3 minutos y destruyó así infraestructura donde dejó “una gran extensión de daños de 650 kilómetros entre Quillota y el río Cautín, lo convierte en uno de los sismos más grandes de Chile colonial. Los terremotos de Concepción de 1751 y 1835, y Maule 2010”; deja una valiosa información para estimar las posibles fallas que pueden originarse en las placas a corto y largo plazo. (Stewart, 2021).

El 22 de abril de 1991, un terremoto de 7.7 azotó la república de Costa Rica, que dejó a su paso una pérdida de 4.21 % del PIB, con un sistema de agua potable deficiente, esto debido a las grandes deformaciones del suelo las uniones de tubería colapsaron, 4 puentes colapsados y más de 6 tuvieron daños estructurales de consideración, por tal razón el 80% del territorio fue afectado. (Salazar Mondragón, 2020).

El peligro sísmico en Ecuador está regido principalmente por dos tipos de fuentes sísmicas: subducción (interplaca e interplaca), y de tipo corticales (superficiales). En cada una de estas fuentes se lleva a cabo un proceso de acumulación y liberación de energía independiente del que ocurre en las demás fuentes. Los sismos *interplaca* (profundidad < 40 km) corresponden a los sismos que se generan por el roce entre la placa de Nazca que subduce bajo la placa Sudamericana a lo largo de su zona de convergencia. Los sismos *interplaca* (profundidad entre 40 y 300 km) corresponden a los sismos de falla normal de profundidad intermedia, localizados dentro de la placa oceánica de Nazca que subduce bajo la placa continental Sudamericana. Los sismos *corticales* (profundidad < 40 km) corresponden a los sismos someros que ocurren dentro de la placa Sudamericana. (Quinde Martínez & Angulo, 2016).

En Ecuador, los registros históricos indican que en los últimos 500 años se han presentado varios eventos con alto número de víctimas fatales y considerables pérdidas económicas. Sismos como el de 1797 o los de 1868 que generaron aproximadamente 40 mil y 70 mil víctimas y los sismos de 1987 y el de 2016 con pérdidas económicas estimadas en US\$1.000 millones de dólares. Estos eventos han generado

importantes impactos en la economía del país y en los niveles de desarrollo, con situaciones de emergencia de difícil superación y largos procesos de recuperación y reconstrucción. El Banco Interamericano de Desarrollo mediante el fondo especial japonés aprobó la cooperación técnica “Apoyo para garantizar la resistencia de los sistemas de infraestructura y de servicios públicos después del terremoto en Ecuador” en el 2016, para generar un plan de acción que implementen medidas de resiliencia sísmica en la infraestructura y servicios públicos ante posibles eventos futuros. (BID, 2020).

La estimación de la peligrosidad sísmica en Ecuador reviste una gran importancia para la sostenibilidad del modelo socio-económico. Ecuador al ser un país continental, ubicado en una zona de alta peligrosidad sísmica, debe prestar toda la atención a la gestión de este tipo de riesgo en sus diferentes etapas, fundamentalmente en la planificación de actividades y acciones que contribuyan a un mejor aprovechamiento de sus recursos naturales y a minimizar los efectos de dichos fenómenos naturales, como base de los principios de seguridad nacional que se establecen en el Art. 393 de la Constitución de la República: “El Estado garantizará la seguridad humana a través de políticas y acciones integradas, para asegurar la convivencia pacífica de las personas, promover una cultura de paz y prevenir las formas de violencia y discriminación y la comisión de infracciones y delitos. La planificación y aplicación de estas políticas se encargará a órganos especializados en los diferentes niveles de gobierno”. (Aníbal et al., n.d.)

El terremoto del 4 de febrero de 1797, con epicentro en la Antigua Riobamba (8.3), históricamente es el más devastador según los registros de movimientos sísmicos en el país. Según documentos, la cifra de víctimas, fue de más de 12 mil. La devastación fue tan enorme que los pocos que quedaron en la Villa San Pedro de Riobamba decidieron no quedarse a vivir ahí y buscaron otro sitio para reasentarse, es decir, donde hoy queda la actual Riobamba. (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2023).

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Realizar una evaluación focalizada del grado de vulnerabilidad sísmica en las unidades educativas y universidades más pobladas del Ecuador bajo la referencia "FEMA P1000".

### ***Objetivos Específicos***

- Evaluar el grado existente de la vulnerabilidad sismo resistente de las estructuras de uso educativo en la ciudad de Latacunga
- Evaluar el grado existente de la vulnerabilidad sismo resistente de las estructuras de uso educativo en la ciudad de Ambato.
- Evaluar el grado existente de la vulnerabilidad sismo resistente de las estructuras de uso educativo en la ciudad de Riobamba
- Identificar y determinar el grado de vulnerabilidad y riesgo global correspondiente a cada una de las unidades educativas y universidades.

## **Marco Teórico**

### **Riesgo Sísmico**

Según (Wang, 2009) el riesgo sísmico es la probabilidad de que los seres humanos pierdan o sufran daños en su entorno constructivo, a causa de fenómenos naturales tales como: terremotos, licuefacción de suelos o la ruptura de fallas geológicas continentales, lo que da lugar a que exista una interacción directa entre el peligro sísmico y la vulnerabilidad, causó grandes divergencias ambientales, sociales, y económicas donde surgió así un peligroso fenómeno en un determinado lapso de tiempo. (Zarate, Mendoza, & Toapanta, 2023).

### **Caracterización del Riesgo Sísmico**

Se aborda el riesgo sísmico mediante el análisis dirigido a dos enfoques distintos: uniparamétrico y multiparamétrico. El análisis uniparamétrico busca cuantificar la amenaza sísmica mediante un único parámetro o índice relacionado con la intensidad macro sísmica o índice de vulnerabilidad (MIV), el cual permite medir la capacidad destructiva de un terremoto y abarca los diferentes grados de daño provocado desde la ausencia del mismo hasta el más significativo. (Quinde & Reinoso, 2016).

El análisis multiparamétrico se basa en la utilización de parámetros que ayuden a evaluar la acción sísmica, por lo que es importante aclarar que este método no es adecuado para zonas que tienen datos limitados de aceleración o con una alta variabilidad en las características estructurales. La forma más común para la implementación de este análisis es mediante el uso de espectros de demanda y espectros de capacidad, con el fin de evaluar la capacidad sísmica de las estructuras. (Quinde & Reinoso, 2016).

### **Peligro Sísmico**

Menciona que se conoce como peligro sísmico a la caracterización de los fenómenos naturales como resultado de sismos, los cuales provocan desplazamientos permanentes, en forma de rupturas, levantamientos, hundimientos y plegamientos superficiales. El peligro sísmico en el Ecuador está directamente relacionado con las placas tectónicas de Nazca y la placa sudamericana que están ubicadas aproximadamente a menos de 40 Km de profundidad, las cuales acumulan energía y la liberan de manera independiente en la subducción de placas. (Quinde & Reinoso, 2016).

### **Vulnerabilidad Sísmica en Ecuador**

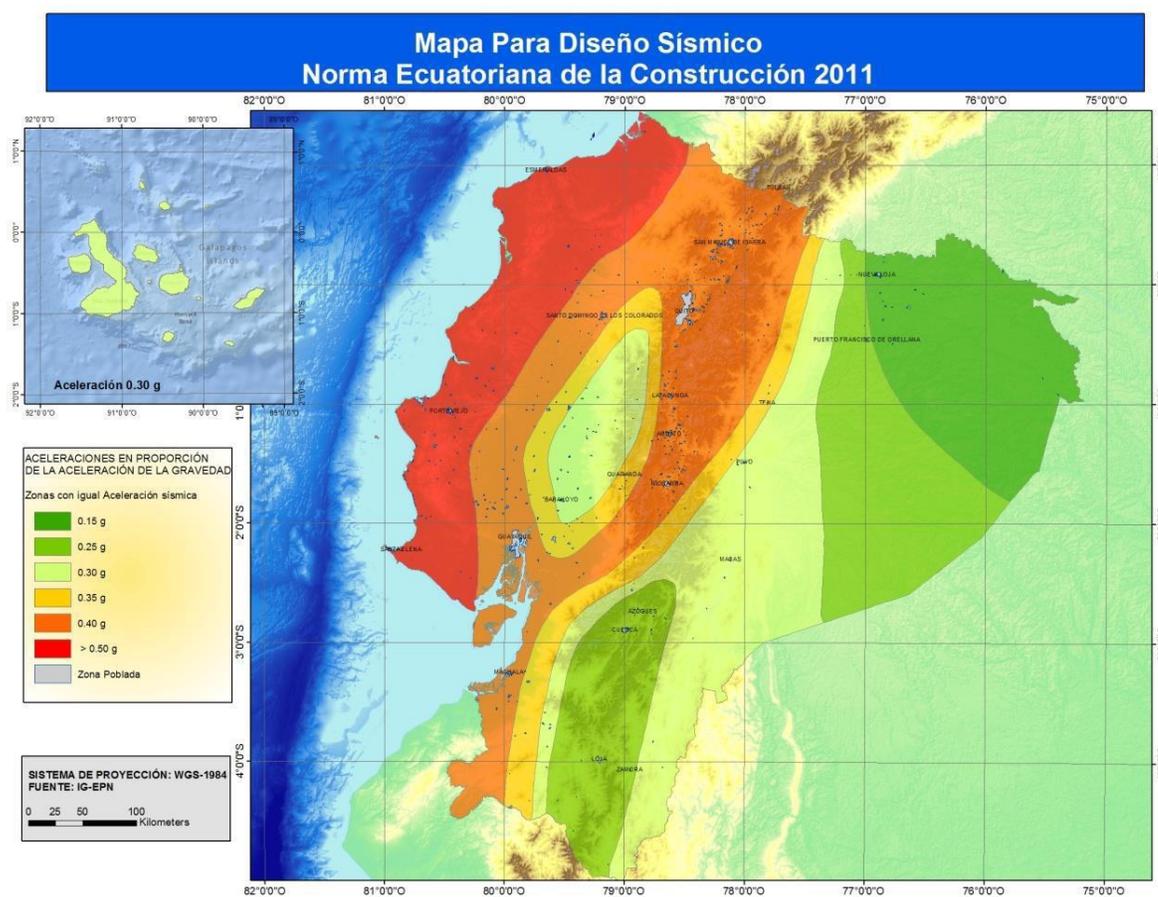
La vulnerabilidad sísmica es la capacidad de resistencia al daño de una estructura la cual es provocada tras un evento sísmico de gran intensidad, como resultado es una de las causas más frecuentes de muerte durante por el colapso de edificaciones. (Ministers, 2016).

El Ecuador tiene un registro histórico de la actividad sísmica en el cual se denota la destrucción parcial y total de ciudades como Riobamba e Ibarra, además del registro de más de 60 000 víctimas

humanas durante los últimos 460 años. (Yepes, Bertrand, & Jean-Lu, 1994). El territorio ecuatoriano se encuentra en una zona de alto nivel sísmico como lo especifica en la NEC-SE-DS, por lo que la especificación del riesgo sísmico es de suma importancia para evitar la pérdida de vidas humanas y económicas en el área estructural. En la figura 1 se define la zonificación sísmica del Ecuador.

**Figura 1**

*Zonas sísmicas del Ecuador.*



*Nota.* Recuperado de Norma Ecuatoriana de la Construcción. (NEC, 2023).

## **Métodos para el cálculo de la vulnerabilidad**

Se han desarrollado diversas formas para evaluar la vulnerabilidad de edificaciones, que incluye métodos antiguos como alternativas más contemporáneas, todos destinados a cumplir con el objetivo establecido. Una adecuada clasificación es la presentada en la investigación de, donde se categorizan las metodologías en cuatro grupos en función de la disponibilidad de información: método analítico, métodos experimentales, métodos empíricos y métodos híbridos.

### ***Método Federal Emergency Management Agency (FEMA)***

El método FEMA es un método cualitativo visual el cual se lo aplica bajo la visualización de profesionales expertos en sismos que realizan observación externa e interna de la edificación donde se incluye el uso de la edificación, dimensiones, evidencia fotográfica de daños preexistentes, por lo que cada parámetro conlleva una puntuación diferente, al finalizar la evaluación los expertos determinan el nivel de vulnerabilidad sísmica del edificio, y generan un informe a detalle de los posibles riesgos de la edificación, para que sean mitigados a tiempo. (FEMA, Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook, 2015).

### ***Método de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS)***

El método FUNVISIS fue desarrollado en Venezuela en función de 293 edificaciones de uso académico, el cual tiene como objetivo una inspección rápida visual con el fin de atribuir índices que denoten riesgos específicos sobre la edificación. Los índices que considera son: índices de amenazas, índice de vulnerabilidad, índice de riesgo dentro de una planilla específica, de la cual el equipo técnico realiza un informe técnico final. (López, Coronel, & Rojas, 2014).

## ***Guía para la Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica para Unidades Educativas adaptada por Ballesteros y Caizaguano***

FEMA brinda asistencia financiera y servicios directos para satisfacer las necesidades básicas de personas y familias después de un desastre a gran escala. Esto se logra a través del Plan Individual y Familiar (IHP).

Sin embargo, si la persona afectada tiene seguro FEMA no está en la capacidad de ayudar en condiciones que el seguro del afectado no cubre.

### **Grupos de Vulnerabilidad (GV)**

GV1: Aspectos generales: se describe el tipo de edificio FEMA, el número de pisos, existencia de edificios adyacentes, tipo de perfil del suelo.

GV2: Vulnerabilidad estructural: elementos estructurales (columnas, vigas y losas), relación largo-ancho, problemática y si presenta irregularidad en planta y elevación.

GV3: Vulnerabilidad de sistemas no estructurales: estado de conservación de la estructura, así como de la cubierta, condiciones de puertas y ventanas.

### **Puntaje Base**

Según el (MIDUVI, 2015), el puntaje base es el primer parámetro para la evaluación del desempeño sísmico en las edificaciones, por lo que, con el paso de tiempo y la necesidad de proteger las estructuras del peligro sísmico se han desarrollado códigos de diseños sismorresistentes los cuales se actualizan en base a los estudios realizados a las diferentes edificaciones como: calidad de los materiales, métodos constructivos y criterio de diseño los contienen recomendaciones y requerimientos para la construcción de estructuras seguras. En el Ecuador se han implementados tres códigos de construcción: Código Ecuatoriano de la construcción (CEC 77), Código Ecuatoriano de la construcción del año 2000 (CEC 2000), Norma Ecuatoriana de la Construcción del año 2015 (NEC-15) los cuales han sido adaptados mediante códigos internacionales.

### **Previo al primer código de construcción (Pre-código)**

(Aguirre, y otros, 2022) menciona que antes del año 1997, Ecuador tenía una ausencia de normativas de construcción, lo cual dio lugar a la construcción de estructuras sin diseño sísmico o control de calidad; como resultado estructuras escolares deficientes en su desempeño estructural.

### **Código Ecuatoriano de la Construcción 1977 (CEC 77) (Período de Transición)**

(Ortíz & Ruiz, 2015), manifiesta que, a partir del sismo dado en el año 1949 en la ciudad de Ambato, se implementa el “Código Nacional de Construcción (CNC)” y en 1977 con el fin de mejorar la calidad de las construcciones y la seguridad de las personas se establece la “Guía Popular de Construcción Sismo-Resistente” bajo el registro N°369 elaborado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), y basado en el código ACI 318-71 (American Concrete Institute). (Aguirre, y otros, 2022).

### **Código Ecuatoriano de la Construcción 2000 (CEC 2000)**

Con los sismos provocados en los años 1996 y 1998 en los cantones Pujilí y Bahía de Caráquez respectivamente, se resalta la necesidad de mejorar la parte estructural de las construcciones frente a la amenaza sísmica, ante lo expuesto surge el comité ejecutivo del Código Ecuatoriano de la Construcción el cual elabora el CEC 2000 el cual consta de 12 capítulos y establece normas para el diseño sismo-resistente. (Aguirre, y otros, 2022). El 28 de marzo de 2001 el consejo directivo del INEN aprueba CEC 2000, el cual en el capítulo 12 establece pautas para la determinación de fuerzas de diseño del origen sísmico y los requisitos que deben cumplir las estructuras. (Correa & Machado, 2015).

### **Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15 (Código Moderno)**

(Aguirre, y otros, 2022) menciona que el 06 de abril de 2011, se forma el comité ejecutivo de la NEC mediante decreto ejecutivo N°705, con el fin de emitir la “Norma Ecuatoriana de Construcción”. Dicho comité fue establecido por el MIDUVI, con el objetivo de priorizar la protección de vidas en las construcciones y abordar los requisitos de diseño, construcción y control de obras para mejorar las edificaciones.

Mediante acuerdo ministerial N°0028 el 19 de agosto de 2014 se aprueba los seis primeros capítulos de la NEC-15 y el 10 de enero de 2015 con acuerdo ministerial N°0047 el MIDUVI aprueba los cuatro capítulos restantes. (Cevallos & Quinatoa, 2022).

### ***Parámetros del Grupo de Vulnerabilidad GV1***

Como aspectos generales para cada Unidad Educativa al evaluar al grupo de vulnerabilidad GV1, se tomaron en consideración varios factores importantes. Estos incluyen el diseño del edificio según las normativas de la Agencia Federal para el Manejo de emergencias (FEMA), número de pisos, si hay otros edificios adyacentes y el tipo de suelo sobre el que está construido el edificio.

#### **Número de Pisos**

Para determinar este parámetro podemos utilizar los planos arquitectónicos que muestran las diferentes alturas de entre piso de igual forma podemos observar visualmente en campo durante la inspección.

Las estructuras levantadas a partir del post-código (CEC 2000) y mucho más las construidas con el código moderno (NEC 15) serán las condiciones de vulnerabilidad más bajas, especialmente los edificios que contengan hasta un máximo de 4 pisos, en estas normativas ya se han implementado el diseño sismo resistente. (Ballesteros Salazar, 2020).

**Tabla 1**

*Grado de vulnerabilidad por número de pisos*

<b>Año de Construcción</b>	<b>Altura</b>	<b>Grado</b>
Post código	Menor a 4 pisos	GA:20
Post código	Mayor a 4 pisos	GA:40
Período de transición	Menor a 3 pisos	GA:60
Período de transición y Pre-código	Condiciones no contempladas	GA:80

*Nota.* Información tomada de Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas y universidades, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

### Tipo de edificio FEMA

Para identificar los tipos de edificaciones FEMA, el evaluador examinara el sistema estructural se han agrupado en base a su puntaje base con lo que se tiene los siguientes grados asignados y agrupaciones de edificaciones. (Araujo Velastegui, 2020).

**Tabla 2**

#### *Tipos de Edificaciones FEMA*

Tipos de Edificios FEMA	Características
<p><b>(W1):</b> Viviendas uni o multifamiliares de uno o más pisos de estructura de madera ligera.</p> 	<p>Componentes estructurales como celosías, bastidores armaduras y columnas han sido fabricadas de madera laminada o natural. Los pisos son ligeros y pueden tener de 1 a 2. El soporte inadecuado de chimeneas y las conexiones deficientes se vinculan con los daños típicos.</p>
<p><b>(S1):</b> Estructura de acero resistente a momento.</p> 	<p>Estas estructuras están compuestas por vigas y columnas fabricadas con perfiles laminados en caliente o armadas con placas. Las típicas estructuras de acero resistentes al momento suelen tener luces que oscilan entre los 6 y 9 metros. Este tipo de estructuras se emplea principalmente en edificios comerciales e institucionales. Los diafragmas de los pisos suelen estar hechos de</p>

---

hormigón, a veces con una capa adicional de acero.

Durante terremotos, las soldaduras pueden sufrir daños, lo que provoca conexiones rotas y daños no estructurales. Las fallas más frecuentes se encuentran generalmente en las conexiones.

**(S2):** Estructura de acero con arrostramiento.



Pórtico construido con acero laminado en caliente, con diagonales de refuerzo que atraviesan verticalmente el edificio para otorgar rigidez. Se identifican como pórticos resistentes al momento, pórticos arriostrados y pórticos de acero con muros de corte en el interior puede resultar complicado. En algunos casos, estos están asegurados con miembros diagonales que no son perceptibles desde el exterior. Este tipo de estructura es comúnmente utilizado en edificaciones largas y angostas.

**(S3):** Estructuras metálicas livianas



El diseño estructural incorpora pórticos que resisten momentos en la dirección transversal y pórticos arriostrados en la dirección longitudinal. Una conexión deficiente a la losa de cimentación puede permitir que las columnas del edificio se deslicen sobre esta, lo que puede resultar en la pérdida del revestimiento. Estos están revestidos con láminas onduladas de aluminio y no cuentan con acabados

---

---

**(S4):** Estructura con marco de acero y muro de corte fabricado in situ.



**(S5):** Estructura de marcos de acero y mampostería no reforzada.

en las paredes interiores, lo que revela la estructura subyacente. Durante los terremotos, las tensiones en los tirantes pueden provocar su elongación y causar daños en la construcción.

Los marcos contruidos con acero se encuentran acompañados de muros fabricados con hormigón armado. Durante los terremotos, pueden aparecer grietas debido a la acción del cizallamiento y la fatiga en las aberturas de los muros de concreto. Las juntas de construcción pueden actuar como puntos débiles, lo que podría provocar una falla en la integridad del muro. Existe la posibilidad de que se incluya un marco de hormigón en la estructura del edificio. Las fuerzas laterales son contrarrestadas por muros dispuestos en áreas como las cajas de ascensores y las gradas. Se realiza una inspección interna para determinar el grosor de los muros: un espesor superior a los 14 cm indica la presencia de un muro de hormigón.

Los marcos contruidos con acero laminado en caliente se combinan con muros divisorios hechos de bloques de hormigón. El revestimiento alrededor de columnas o vigas, en muchas ocasiones, está mal fijado y es fácilmente desmontable. Columnas de

---



**(C1):** Estructuras de hormigón armado con marcos resistentes a momento.



**(C2):** Edificios con muros de corte de hormigón armado.



acero delgadas están incrustadas dentro de estas paredes. Algunas secciones de las paredes se alinean en sentido vertical. Las paredes de relleno tienen un grosor que oscila entre dos y tres unidades.

Todos los marcos están contruidos con hormigón armado. La capacidad de deformación plástica es esencial para su eficacia. La falta de refuerzo continuo en la viga puede ocasionar la formación de articulaciones bajo la aplicación de cargas. Una distancia excesiva entre los estribos colocados en las columnas puede resultar en una falta de confinamiento y eventualmente en la falla por corte.

Las estructuras del edificio están compuestas íntegramente por vigas, columnas y muros de hormigón armado. En los edificios altos, es frecuente observar daños causados por discontinuidades verticales, impactos y configuraciones irregulares. Los muros de corte presentan un grosor que varía entre 15 y 45 cm. Estos elementos funcionan de manera más eficiente que los marcos de concreto, a pesar de ser más

---

**(C3):** Estructuras de hormigón armado con relleno de mampostería no reforzada.



pesados, gracias a su mayor rigidez proporcionada por los muros.

Las vigas y columnas están construidas con hormigón armado, al igual que los muros portantes de mampostería que no contienen refuerzo de acero. Las columnas y vigas de concreto pueden tener un grosor completo de pared y estar visibles en los lados y la parte posterior del edificio. El revestimiento alrededor de las columnas o vigas, a menudo, está fijado de manera deficiente y se desprende con facilidad. Las paredes de relleno pueden doblarse o desprenderse mientras se enfrentan a fuerzas laterales intensas fuera de su plano.

**(PC):** Estructuras de hormigón prefabricado



Los paneles estructurales están fabricados con hormigón armado prefabricado o consisten en elementos estructurales como vigas y columnas de hormigón armado, también prefabricadas y ensambladas en el lugar de la construcción. Es posible que ocurran desprendimientos de paneles de pared debido a una fijación deficiente del diafragma, lo que podría resultar en el colapso del diafragma o del techo. Asimismo, las conexiones mal diseñadas en este sistema podrían presentar

---

---

**(RM):** Estructura de albañilería reforzada con diafragmas flexibles de piso y techo.



**(URM):** Estructura de pared de apoyo no reforzada.



fallas. Los edificios construidos con hormigón prefabricado suelen tener una o dos plantas de altura.

Las paredes estructurales están construidas con bloques o ladrillos y están reforzadas con varillas de acero tanto en sentido horizontal como vertical. Sin embargo, una construcción deficiente puede resultar en paredes no reforzadas ni conectadas adecuadamente, lo que aumenta el riesgo de fallos estructurales. Normalmente, tienen un grosor que oscila entre los 20 y 25 cm. Estos edificios pueden resistir bien terremotos de magnitud moderada si cuentan con refuerzos adecuados y están conectados correctamente a la losa.

Las paredes estructurales están compuestas por ladrillo, bloque, adobe o bahareque, y carecen de refuerzo de varillas de acero. La falta de anclaje de las paredes a los pisos y al techo, junto con el uso de mortero blando y pilares estrechos entre las aberturas de las ventanas, son factores que contribuyen al bajo rendimiento de este tipo de construcción. A menudo, se utilizan morteros débiles para unir las unidades de mampostería.

---

---

**(MX):** Mixta acero-hormigón o mixta madera-hormigón.



Estructuras compuestas de varios materiales. Pueden ser combinaciones como por ejemplo columnas de acero con losas de hormigón, columnas y vigas de acero con pisos de madera, vigas y columnas de hormigón con pisos de madera u otras combinaciones estructurales convenientes según la necesidad constructiva.

**(MH):** Viviendas prefabricadas



Se refiere a viviendas móviles o edificaciones modulares móviles, aisladas del suelo, no anclados, pueden o no contar con sistema de reforzamiento sísmico. Suelen ser viviendas de 1 solo piso y varían en tamaño. Puede medir aproximadamente entre 5,5 a 6 m de ancho. Pisos y techos contrachapados, revestimiento exterior con lámina metálica. Principal causa de falta se debe a la deficiente conexión en la base con riesgo de caída en un evento sísmico.

---

*Nota.* Adaptación (Lizundia et al., 2014).

**Tabla 3**

*Grado de Vulnerabilidad de Tipos de Edificaciones FEMA.*

<b>Edificaciones FEMA</b>	<b>Puntaje Básico</b>	<b>Grado asignado</b>
W1	1,8 – 2,1	GA: 20
S1, S3	1,5 – 1,8	GB: 40
S2, S4, S5, C2, MH	1,2 – 1,5	GC: 60
C1, C3, PC, RM, URM	0,9 – 1,2	GD: 80

*Nota.* Información tomada de Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas y universidades, por (EPN, 2016).

#### **Condición de Golpeteo**

El contacto entre edificios adyacentes puede ocasionar varios daños en los edificios por ende consideramos que las separaciones mínimas por piso que debe tener una estructura con una adyacente, lo que quiere decir en cuan vulnerable pueden llegar a ser las edificaciones ante un posible choque entre ellas. A consecuencia de estos problemas pueden llegar a colisionar entre sí (Aguirre, y otros, 2022).

Para considerar la separación entre dos edificios adyacentes se calcula con la siguiente fórmula:

$$\Delta = \#pisos_B - \#pisos_A$$

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

Donde:

$\Delta$ : Diferencia de pisos existente entre las edificaciones.

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

### Grado de Vulnerabilidad por Golpeteo.

**Tabla 4**

*Grado de Vulnerabilidad por Golpeteo.*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
No presenta edificios cercanos que puedan causar problema de golpeteo	G <sub>A</sub> : 20
El edificio adyacente se encuentra a un espacio de separación mayor al mínimo [ $\Delta(p) \times 5$ cm]	G <sub>B</sub> : 40
El edificio adyacente se encuentra a un espacio de separación menor igual al mínimo. [ $\Delta(p) \times 5$ cm]	G <sub>C</sub> : 60
Ausencia de juntas entre edificaciones contiguas, en caso de presencia de suelos de diferente calidad.	G <sub>D</sub> : 80

*Nota.* Información tomada de Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas y universidades, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

#### **Condición de adyacencia**

La proximidad del edificio a otras estructuras puede causar efectos de impacto significativos (Aguiar, R, 2014). 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).

**Tabla 5**

*Grado de Vulnerabilidad por Adyacencia.*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
No presenta edificios cercanos que puedan causar problema de golpeteo	G <sub>A</sub> : 20
El edificio se encuentra al final de una fila de más de tres edificios	G <sub>B</sub> : 40
Nivel de pisos entre edificios es de más de 60 cm en vertical	G <sub>C</sub> : 60

---

Existe un edificio adyacente con más de dos plantas de diferencia con el edificio evaluado  $G_D: 80$

---

*Nota.* Información tomada de Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas y universidades, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

### **Tipo de perfil de suelo**

Para identificar esta variable, es esencial comprender en base a la tipología que se establece en la NEC-15 el tipo de suelo en el que está asentada la estructura. Se toma en cuenta que en (CAMICON, 2015), se establece seis tipos de suelo (A, B, C, D, E y F) donde el A y B son suelos resistentes; el tipo E y F son inestables.

### **Tabla 6**

*Grado de Vulnerabilidad por Tipo de Perfil de Suelo.*

<b>Tipo de Perfil de Suelo</b>	<b>Grado</b>
Tipo A y Tipo B	$G_A: 20$
Tipo C	$G_B: 40$
Tipo D	$G_C: 60$
Tipo E y Tipo F* (* Requiere ingeniero especialista)	$G_D: 80$

*Nota.* Información tomada de Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas y universidades, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

### **Parámetros del Grupo de Vulnerabilidad GV2**

En lo que respecta a la vulnerabilidad estructural se resaltan todos los componentes de la estructura de una edificación como vigas, columnas y losas junta con sus respectivas características según los materiales utilizados como hormigón armado, estructura metálica o madera, estos pueden influir su comportamiento ante eventos sísmicos.

### Relación Largo Ancho

La longitud excesiva de un edificio en una vista en planta puede afectar su estructura de varias maneras entre ellos problemas con flexión y torsión, especialmente durante eventos sísmicos o de viento. Estas fuerzas pueden provocar deformaciones y tensiones en la estructura. Se consideran las relaciones que establece la NEC-15 y lo ya mencionado por (EPN, 2016).

**Tabla 7**

*Grado de vulnerabilidad por Relación Largo/Ancho.*

Condición	Grado
La edificación posee una relación largo ancho menor a 4	G <sub>A</sub> : 20
La edificación posee una relación largo ancho menor a 4. Una de sus longitudes es próxima a 30m	G <sub>B</sub> : 40
La edificación posee una relación largo ancho mayor a 4	G <sub>C</sub> : 60
La edificación posee una relación largo ancho mayor a 4, no se identifica juntas de separación. Una de las longitudes supera los 30m.	G <sub>D</sub> : 80

*Nota.* Información tomada de Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas y universidades, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

### Irregularidad en Planta o en Elevación

Las recomendaciones de la NEC-15 sugiere que las estructuras sean uniformes y simétricas en lo posible en planta. Según la guía para detectar irregularidades en planta concluye que aquellas estructuras que poseen una distribución más uniforme son menos propensas a sufrir daños, mientras que a mayores irregularidades el grado de vulnerabilidad será mayor (EPN, 2016).

**Tabla 8**

*Grado de Vulnerabilidad por Irregularidad en Planta.*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
La edificación es regular	G <sub>A</sub> : 20
La edificación presenta: Vigas no alineadas con las columnas. Abertura en diafragmas	G <sub>B</sub> : 40
La edificación presenta: esquinas reentrantes	G <sub>C</sub> : 60
La edificación presenta: Torsión. Sistemas no paralelos	G <sub>D</sub> : 80

*Nota.* Información tomada de Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas y universidades, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020) .

#### **Ampliación Vertical u Horizontal**

Para las ampliaciones verticales u horizontales se detalla, las principales condiciones que existen en un edificio, que se pondera en referencia del grado de vulnerabilidad, donde se caracteriza el mayor valor a sistemas constructivos combinados, según la tabla a continuación:

**Tabla 9**

*Grado de Vulnerabilidad por Ampliaciones Verticales.*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
Estructura no presenta ampliaciones	G <sub>A</sub> : 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 <sub>B</sub> : 40
Una o más plantas con la misma configuración estructural que la principal, pero con diferente sistema constructivo	G <sub>C</sub> : 60

Condición	Grado
Una o más plantas con diferentes configuraciones que la principal, y diferente sistema constructivo	G <sub>D</sub> : 80

*Nota.* Información tomada de Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas y universidades, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

### Tabla 10

*Grado de Vulnerabilidad por Ampliaciones Horizontales.*

Condición	Grado
Estructura no presenta ampliaciones	G <sub>A</sub> : 20
Ampliación con un mismo sistema constructivo e igual número de plantas	G <sub>B</sub> : 40
Edificio con igual sistema constructivo, pero con una diferencia de número de plantas. Ampliación con diferente sistema constructivo	G <sub>C</sub> : 60
Ampliación con diferente sistema constructivo y diferencia en el número de plantas.	G <sub>D</sub> : 80

*Nota.* Información tomada de Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas y universidades por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

### Patologías en Vigas

Estas patologías pueden ser causadas por diversos factores como grietas, corrosión, deformaciones excesivas, fatiga, defectos de construcción, daños por humedad o impactos repentinos que pueden causar daños locales en las vigas, como fisuras o roturas. Para identificar estas patologías vamos a considerar los siguientes grados de vulnerabilidad.

**Tabla 11**

*Grado de vulnerabilidad por Patologías en Vigas.*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
Vigas sin presencia de patologías	G <sub>A</sub> : 20
Grietas por retracción de hormigón, afectaciones tipo I (metálica o madera)	G <sub>B</sub> : 40
Grietas en vigas por insuficiencia de armaduras positiva o negativa, afectaciones tipo II (metálica o madera)	G <sub>C</sub> : 60
Grietas en viga por corte, afectaciones tipo III (metálica o madera), vigas flejadas	G <sub>D</sub> : 80

*Nota.* Información tomada de Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas y universidades, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

### **Patologías en Columnas**

Las columnas en una estructura pueden experimentar una variedad de patologías que pueden comprometer su integridad y estabilidad. Hay que tener en cuenta que las columnas son responsables de soportar las cargas verticales que actúan sobre la estructura, como el peso de los techos, pisos, paredes y cualquier otra carga aplicada. Esto incluye cargas permanentes (peso propio de la estructura) y cargas vivas (como personas, equipos, mobiliarios, etc.). Por ende, se debe asignar un grado de vulnerabilidad.

**Tabla 12**

*Grado de Vulnerabilidad por Patologías en Columnas.*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
Columnas sin presencia de patologías	G <sub>A</sub> : 20
Fisuras, afectaciones tipo I (metálica o madera)	G <sub>B</sub> : 40

Condición	Grado
Grietas en columnas por represión en la fundación, afectaciones tipo II (metálica o madera)	G <sub>C</sub> : 60
Grietas en columnas por insuficiencia de estribos, afectaciones tipo III (metálica o madera)	G <sub>D</sub> : 80

*Nota.* Información tomada de Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas y universidades, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

### Patologías en Losas

Para evaluar las patologías en losas de entrepiso y cubiertas primero tendremos en cuenta el material con el que se trabajó en el edificio. En Ecuador el material más común y tradicional es el hormigón armado en el cual los daños más comunes en las losas de una estructura son las fisuras y grietas debido a cargas o movimientos del suelo, corrosión del refuerzo de acero que debilita la losa, desprendimiento del recubrimiento de hormigón por exposición a condiciones adversas ya sea por la humedad o debido a cargas que pueden ocasionar pandeo. En base a la tabla se verificará sus condiciones y se asignará su grado de vulnerabilidad. (Aguirre, y otros, 2022).

### Tabla 13

*Grado de Vulnerabilidad por grietas en Losas de Entrepiso y Cubiertas Planas.*

Condición	Grado
Losas sin presencia de patologías	G <sub>A</sub> : 20
Fisuras, afectaciones tipo I (metálica, acero, madera)	G <sub>B</sub> : 40
Grietas en losa por insuficiencia de armadura, Afectaciones tipo II (metálica, acero, madera)	G <sub>C</sub> : 60
Grietas en losas por sobrecarga excesiva, afectaciones tipo III (metálica, acero, madera), deformación de la losa	G <sub>D</sub> : 80

*Nota.* Información tomada de Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas y universidades, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

### Patologías en Paredes

El nivel de vulnerabilidad se determina para ciertas patologías presentes en paredes, conforme a lo estipulado por la guía. (EPN, 2016).

**Tabla 14**

*Grado de Vulnerabilidad por Patologías en Paredes.*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
Paredes sin presencia de patologías	G <sub>A</sub> : 20
Grietas en esquinas de ventanas y puertas, humedad localizada, afectaciones tipo I (laminas metálicas y de madera)	G <sub>B</sub> : 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 <sub>C</sub> : 60
Fractura o grietas inclinadas en fachadas, afectaciones tipo III (laminas metálicas y de madera)	G <sub>D</sub> : 80

*Nota.* Información tomada de Guía elaborada, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020) .

### **Parámetros del Grupo de Vulnerabilidad GV3**

En el grupo de vulnerabilidad GV3 se considera los siguientes parámetros: Elementos no estructurales de exteriores, elementos nuestro culturales interiores, estado de conservación de la edificación, estado de conservación de la cubierta, puertas de salida o emergencia, ventanas y accesibilidad exclusiva.

#### **Elementos no estructurales Exteriores**

Los elementos no estructurales externos deben ser considerados en caso de movimiento sísmico, entre ellos: objetos que puedan caer y obstaculizar el paso del estudiante, parapetos, cisternas, cubiertas,

chimeneas, entre otros. Así se evalúa la vulnerabilidad de la edificación; la ausencia de los mismos genera una disminución en el grado de vulnerabilidad esperado. (Aguirre, y otros, 2022).

**Tabla 15**

*Grado de Vulnerabilidad de elementos no estructurales exteriores*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
No hay presencia de elementos no estructurales altos	$G_A$ : 20
Elementos con adecuada colocación, fijación, empotramiento con la estructura, etc.	$G_B$ : 40
Elementos con inadecuada colocación, fijación, empotramiento con la estructura, etc.	$G_C$ : 60
Elementos con riesgo de colapso o caída en caso de movimiento sísmico.	$G_D$ : 80

*Nota.* Información tomada de Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas y universidades, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020)

#### **Elementos no estructurales Interiores**

En caso de movimiento sísmico se considera los elementos no estructurales que existen en cada aula, laboratorio, oficina y demás que puedan causar daño u obstaculizar el paso del peatón, como: estanterías, archiveros, gabinetes, cielos rasos, entre otros. Para ellos se analiza la presencia de estos elementos para la evaluación de la vulnerabilidad de la edificación. (Aguirre, y otros, 2022).

**Tabla 16**

*Grado de Vulnerabilidad de elementos no estructurales interiores*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
Los elementos no estructurales internos presentan una adecuada colocación e implementación.	$G_A$ : 20
Los elementos no estructurales internos presentan una regular colocación e implementación.	$G_B$ : 40

Condición	Grado
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

*Nota.* Información tomada de Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas y universidades, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020), FEMA.

### Estado de conservación de la Edificación

(Aguirre, y otros, 2022) mencionan que el estado de conservación es una condición a criterio del evaluador que permite ponderar de manera cuantitativamente el estado general de la edificación, para ello se tiene cuatro niveles, según la apreciación del evaluador:

**Tabla 17**

*Grado de Vulnerabilidad por Estado de conservación de la Edificación.*

Condición	Grado
Muy Bueno	$G_A$ : 20
Bueno	$G_B$ : 40
Regular	$G_C$ : 60
Deficiente	$G_D$ : 80

*Nota.* Información tomada de Guía elaborada, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020) , FEMA.

En base a las categorías: Muy bueno, Bueno, Regular y Deficiente, (Ballesteros & Caizaguano, 2020) se evalúa el grado de vulnerabilidad por estado de conservación de la Edificación.

### Estado de conservación de la Cubierta

La evaluación de la cubierta se realiza de manera visual, para así determinar el estado de conservación de las cubiertas, donde se establece tipología y material que la reviste, para ello durante la

inspección se recomienda acudir a las zonas más altas para una mejor observación. (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

**Tabla 18**

*Grado de Vulnerabilidad por Estado de conservación de la Cubierta.*

Condición	Grado
Muy Bueno	$G_A$ : 20
Bueno	$G_B$ : 40
Regular	$G_C$ : 60
Deficiente	$G_D$ : 80

*Nota.* Información tomada de Guía elaborada, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020) , FEMA.

En base a las categorías: Muy bueno, Bueno, Regular, Deficiente, según (Ballesteros & Caizaguano, 2020), se evalúa el grado de vulnerabilidad por estado de conservación de la Cubierta.

#### **Puertas de Salida o de Emergencia**

Las puertas de salida o de emergencia son fundamentales en la seguridad de un edificio en caso de sismo o cualquier otro siniestro. Su principal función es aumentar la velocidad y capacidad de evacuación de un edificio en caso de emergencia.

**Tabla 19**

*Grado de Vulnerabilidad en Puertas de Salida o de Emergencia.*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
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

*Nota.* Información tomada de Guía elaborada, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020) , FEMA.

### **Ventanas**

Las condiciones para evaluar el grado de vulnerabilidad se dan por el porcentaje de ventanas que cuentan con vidrios templados.

**Tabla 20**

*Grado de Vulnerabilidad por Ventanas*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
75 – 100% de las ventanas tienen vidrios templados.	$G_A$ : 20
50 – 74% de las ventanas tienen vidrios templados.	$G_B$ : 40
25 – 49% de las ventanas tienen vidrios templados.	$G_C$ : 60
0 – 24% de las ventanas tienen vidrios templados. Mayoría de vidrios con otro material	$G_D$ : 80

*Nota.* Información tomada de Guía elaborada, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020) , FEMA.

### **Accesibilidad Inclusiva**

La accesibilidad inclusiva garantiza la autonomía espacial y la participación plena de las personas con discapacidad en situaciones de emergencia, con su implementación se busca reducir las barreras arquitectónicas que pueden impedir la movilidad y la seguridad de las personas con discapacidad.

**Tabla 21**

*Grado de Vulnerabilidad por accesibilidad inclusiva.*

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

*Nota.* Información tomada de Guía elaborada, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020), FEMA.

### Vulnerabilidad Total (VT)

(Aguirre, y otros, 2022) describe a la vulnerabilidad total como un factor que se encarga de cuantificar el daño que sufren las infraestructuras durante un terremoto, por lo que se toma en cuenta el número de personas que habitan y la importancia del suelo en donde se encuentra situada.

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

Donde:

- $V_{total}$ : es la vulnerabilidad significativa de toda la unidad educativa.
- $V_i$ : es una medida del grado de vulnerabilidad de cada edificación.
- $E_i$ : es un valor que brinda la importancia asociada con la edificación  $i$  con respecto a las demás.

Este elemento se considera el elemento del terreno (población, ocupación de la estructura).

### Elemento del Terreno (E)

En el caso de un sismo, este factor se relacionado directamente con la ocupación, los habitantes que se encuentren dentro de la edificación en el momento que ocurra el movimiento telúrico y el tipo de edificación dado que estos eventos no presentan ninguna alerta antes de que sucedan. (EPN, 2016).

**Tabla 22**

*Importancia de edificación según elemento del terreno*

Uso	De 1 a 10	De 10 a 50	De 50 a 100	Más de 100
Enfermería	5	5	5	5
Aulas	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	A/A	N/A
Coliseo	NA	4	5	6

*Nota.* Información tomada de Guía elaborada, por (FEMA, 2017)

### Capacidad de Respuesta (CR)

Es un conjunto de componentes, principios y actividades vinculadas con la respuesta adecuada durante una emergencia. En el caso de los eventos sísmicos, es la forma de actuar al impacto para controlarlo y brindar una recuperación en un periodo corto y de largo plazo, también se menciona la correcta gestión de los recursos financieros, humanos y tecnológicos que están a la disposición, para sobrellevar las distintas fases de la actividad del evento sísmico. (EPN, 2016).

**Tabla 23***Grados de capacidad de respuesta*

<b>Grado</b>	<b>Descripción</b>	<b>Puntaje</b>
$G_A$	Cumple satisfactoriamente, elaborado e implementado	80
$G_B$	Parcial, aceptable, elaborado, pero no implementado	60
	En proceso, escaso, mínimo, existe, pero es deficiente	40
$G_C$	No cumple, no ha sido planificado, no elaborado, está junto al	
$G_D$	factor de riesgo	20

*Nota.* Información tomada de Guía elaborada, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020) , FEMA.

Los resultados obtenidos al evaluar los distintos parámetros se suman según su clasificación y luego se dividen por el número total de preguntas realizadas.

**Tabla 24***Grado de Capacidad de Respuesta*

<b>Rango</b>	<b>Grado de Capacidad (Cr)</b>	<b>Observaciones</b>
20 < valor ≤ 40	Bajo	Reformular inmediatamente el POE, equipo de planificación. Mantener reuniones diarias para maximizar el nivel de capacidad.
40 < valor ≤ 60	Medio	Reformular aspectos relevantes que puedan aumentar el nivel de capacidad. Mantener reuniones constantes para identificar las debilidades.

Rango	Grado de Capacidad (Cr)	Observaciones
60 < valor ≤ 80	Alto	Mantener el Plan de Operación de Emergencia, reforzarlo anualmente, y mantener reuniones esporádicas.

*Nota.* Información tomada de Guía elaborada, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

### Nivel de Exposición a la amenaza (NE)

El NE está en función de la ubicación específica de la edificación y la susceptibilidad de la estructura a sufrir daños. A mayor nivel de exposición, mayor es la probabilidad de que la edificación se vea afectada por un sismo. Por lo tanto, la evaluación y comprensión del nivel de exposición a la amenaza sísmica son fundamentales para la toma de decisiones en la implementación de medidas de mitigación del riesgo sísmico, esta evaluación se hace en base a la siguiente tabla:

**Tabla 25**

*Nivel de exposición a la Amenaza*

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

*Nota.* Información tomada de Guía elaborada, por (FEMA, 2017).

### Riesgo Sísmico Global (Rs)

La clasificación del riesgo total de las instituciones educativas se determina según la vulnerabilidad total, el nivel de exposición y el coeficiente de capacidad. Estos aspectos están relacionados con parámetros previos como el tipo de terreno, la función del edificio y la cantidad de personas presentes.

$$R_g = \frac{V_{total}}{C} \times NE$$

Donde:

- Vtotal: Vulnerabilidad total
- C: coeficiente de capacidad
- NE: Nivel de exposición de la amenaza

### Escuelas como un sitio seguro

Por lo general, en diferentes partes de nuestra nación, la infraestructura escolar muestra vulnerabilidad frente a terremotos, tsunamis, inundaciones, huracanes, tormentas de viento, tornados u otra amenaza natural, los que generan graves daños o hasta colapsos de toda la estructura que afectan a los niños que acuden a las diferentes unidades educativas. Por esta razón los niños no solamente deben contar con el derecho a la educación sino también llevarlo a cabo en un entorno seguro. (FEMA, 2017).

La estructura principal de la mayor parte de edificios escolares en nuestro país está construida de hormigón (C3), la cual es susceptible a padecer serios daños o colapsos ante un evento sísmico, así también, otras edificaciones son construcciones con una estructura más ligera que es propensa a sufrir graves daños por otro tipo de amenaza natural a otros tipos de incidentes adversos.

De acuerdo con la Agencia Federal de Gestión de Emergencias FEMA, el término "Life Safety", con respecto a la Ingeniería es una concepción que caracteriza un grado determinado de diseño en la planificación y construcción de las diferentes edificaciones.

Las columnas y vigas son los elementos estructurales claves para evitar serios daños en un edificio, ya sea por fallas o colapso estructural, los cuales ocasionen pérdidas humanas (FEMA, 2017). Para garantizar el bienestar de los ocupantes de las edificaciones, la seguridad estructural se transforma en un componente esencial tanto en escenarios diarios e incluso en momentos inesperados, para no solo prevenir graves heridas y muertes sino para disminuir las afectaciones en la estructura de los bienes inmuebles.

La resistencia a probables fuerzas exteriores, como vientos fuertes, sismos, inundaciones u otros fenómenos naturales, así como los elementos como la resistencia estructural, la distribución y capacidad de las cargas se deben considerar cuidadosamente durante la aplicación de las medidas de seguridad de vida, que dentro de la práctica pueden incluir la integración de otros factores de diseño como técnicas de construcción avanzadas, materiales de alta resistencia y sistemas de refuerzo estructural. (FEMA, 2017).

En síntesis, el enfoque principal de la ingeniería estructural y arquitectónica con respecto a la seguridad de vida tiene el objetivo fundamental de evitar graves daños y en la estructura básica de las edificaciones mediante un diseño que priorice la estabilidad y resistencia de la misma.

Para que el personal de emergencias locales y los dirigentes comunitarios puedan decidir si los edificios escolares operen como centros de acogida o recuperación temporal, se debe revisar el cumplimiento de los requisitos de diseño adicional para resistir grandes cargas, resguardar equipos necesarios y salvaguardar la vida de los habitantes. Todo esto debe contemplar en la fase de diseño conceptual de las Unidades Educativas para que se puedan utilizar como áreas de refugio durante y después de un desastre natural que afecta a toda la comunidad. (FEMA, 2017).

En el caso que existan la restricción con respecto a la cantidad de edificios escolares que puedan incluir este nivel de diseño se debe escoger de forma estratégica los que se encuentran ubicados en el centro y que tengan la capacidad de acoger a una gran cantidad de habitantes para que se consideren las necesidades y los costos pertinentes que se pueden asumir en cada comunidad. (P-1000, 2017).

## **Zonas de estudio**

### ***Ciudad de Latacunga***

#### **Ubicación geográfica**

San Vicente Mártir de Latacunga o también conocida como “Latacunga” es la capital de la Provincia de Cotopaxi. Se encuentra en el centro del país, en la zona interandina, precisamente a 2860 metros sobre el nivel del mar, entre los ríos Pumacuchi y Cutuchi, en la hoya del río Patate. (Cotopaxi, 2014).

#### **Geología de Latacunga**

Castro menciona que en el entorno geodinámico en el territorio existen fallas geológicas las cuales son las responsables de los terremotos que ocurrieron en esta zona del país, como el acontecido en Pujilí en el año 1996. (Castro, 2022)

En esta cabecera cantonal el suelo se distingue por tener material volcánico en su composición. De acuerdo con la morfología de suelos presente en el mapa de suelos del Ecuador del año 1984 se reconoce la presencia de 70 tipos diferentes del mismo en esta área territorial.

#### **Tipo de suelos**

Por su ubicación geográfica, la superficie se encuentra encima de suelos lacustres, coluviales, cangaguas y materiales producto de depósitos de lahares, al igual que materiales conglomerados, cenizas y tobas vulcano-sedimentarias con tendencia desigual que está cubierto por capas de pómez con diferente distribución granular. (Lagua & Sangucho, 2020)

#### **Fallas geológicas**

La ciudad de Latacunga se encuentra constantemente afectada por desastres naturales por su cercanía al volcán Cotopaxi, se encuentra en sus faldas y la existencia de dos fallas geológicas como la de Pujilí y Pastocalle que han sido las responsables de las tragedias que han ocurrido a lo largo de la historia de esta región. (Lagua & Sangucho, 2020)

De acuerdo con la (EPN, 2016), en la zona “Guayaquil-Caracas” se localiza una falla de mayor grado, la cual afecta el valle interandino lo que provoca una gran actividad sísmica.

### **Riesgos sísmicos**

A lo largo de la historia han existido varios eventos sísmicos en esta región, de los cuales dos se catalogan que ocasionaron gran daño, el primero fue en Pelileo el 05 de agosto de 1949 y el otro fue en Pujilí el 28 de marzo de 1996. El primero provocó aproximadamente el deceso de 6000 personas, enormes pérdidas materiales y económicas. Con una magnitud de 6.53 Mw y una profundidad de 6.32 km. En cambio, el segundo tuvo 62 víctimas mortales, 15000 afectados que perdieron sus viviendas por los graves daños en la infraestructura. (EPN, 2016).

### **Peligro sísmico**

De acuerdo se indicada que el diseño sísmico de la normativa ecuatoriana de la construcción NEC15, indica que para la ciudad de Latacunga la saturación es de 0,40 g para una aceleración sísmica en roca, lo que demuestra ser un área de alta peligrosidad sísmica con respecto a otras ciudades del Ecuador. (NEC, 2023).

### ***Ciudad de Ambato***

#### **Ubicación geográfica**

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, al oeste: provincia Bolívar; al este: los cantones Píllaro y Pelileo; al norte: la provincia de Cotopaxi y al sur: los cantones Tisaleo, Cevallos y la provincia de Chimborazo. Además, está a una altitud de 2580 metros sobre el nivel del mar y la atraviesa el río Ambato en la hoya del río Patate. (Atiaga, Saltos, & Lara, 2004).

#### **Geología de Ambato**

La geología de la ciudad de Ambato se caracteriza por la presencia de la cordillera de los Andes, envuelta por algunas fallas geológicas que son las responsables de los eventos sísmicos de la región constantemente. (Moreira, 2011).

### **Tipo de suelos**

De acuerdo con el Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional, el área de Ambato es una zona de alto peligro sísmico debido a la existencia de suelos vulnerables, 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. (Moreira, 2011).

### **Fallas geológicas**

Conforme a la página virtual “Neo - Tec”, las fallas que se encuentran en la ciudad de Ambato son: falla de Huachi EC-344a que tiene una longitud de 12,08 km, falla de Samanga EC054 que tiene una longitud de 33 km, Falla de Ambato EC-344b que tiene una longitud de 16,35 km y Falla de Totoras EC-345 que tiene una longitud de 17,50 km. (Moreira, 2011).

### **Riesgos sísmicos**

Por a la existencia de las fallas geológicas en esta zona, se produce algunos sismos que la sacuden, como por ejemplo el terremoto de Ambato del año 1949 que tuvo una intensidad de 6.8 en la escala de Richter. (Moreira, 2011).

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 oscilo entre 7,2 y 7,9 Mw, el cual provoco el flujo de lodos en el curso del rio Ambato, y ocasiono el deceso de aproximadamente 6.500 habitantes y miles damnificados. (Moreira, 2011).

### **Peligro sísmico**

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, esto evidencia que se encuentra en una zona de alta peligrosidad sísmica. (NEC, 2023).

### ***Ciudad de Riobamba***

#### **Ubicación geográfica**

Riobamba es una ciudad ubicada en la provincia de Chimborazo, en la región central de Ecuador, en América del Sur. 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.

**Tabla 26**

#### *Ubicación Geográfica de Riobamba*



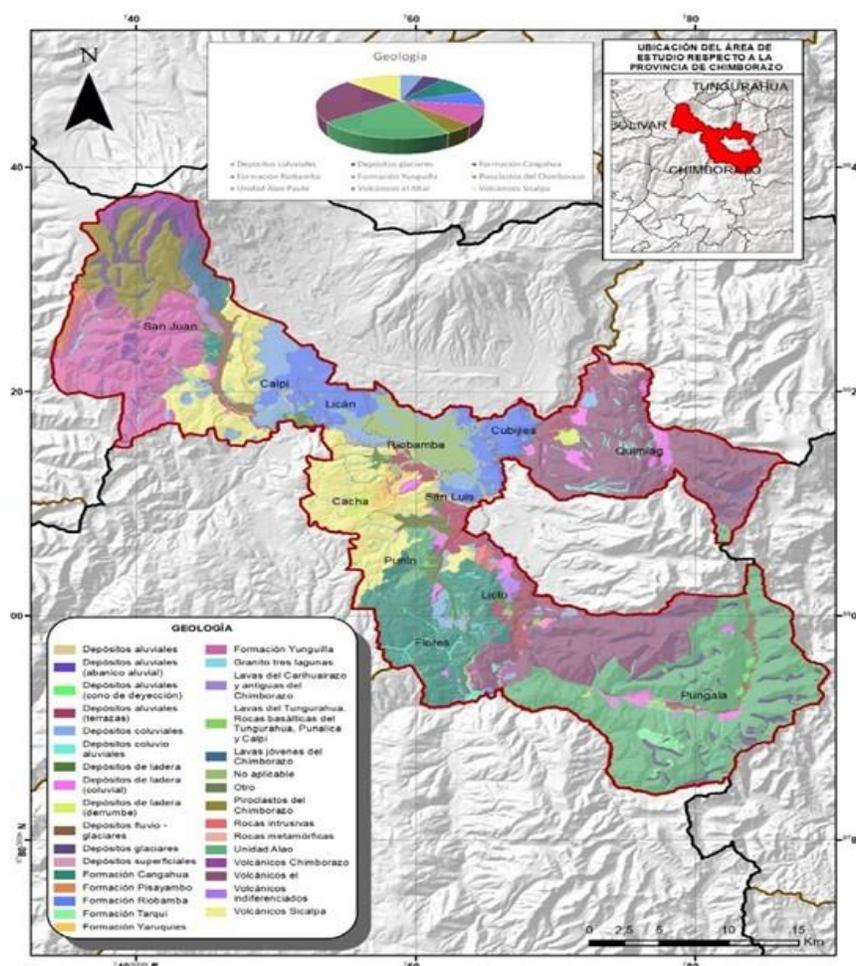
*Nota. Geografía (Cadenas, 2013).*

#### **Geología de Riobamba**

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 volcanoclasticos, con una altitud aproximada de 3000 metros. (Cadenas, 2013).

Tabla 27

Mapa Geológico Local de la ciudad de Riobamba.



Nota. El Gráfico representa el Mapa geomorfológico de Riobamba. Tomado de (Padilla, 2021)

### Tipo de suelos

En Riobamba, los suelos muestran una diversidad en su clasificación que se basa en la pendiente del terreno, y varía desde pendientes pronunciadas con más del 70% de inclinación hasta áreas completamente planas con una pendiente de 0%. En cuanto a su pH, el rango oscila entre 4.5 y 8.5, el primero indica una ligera acidez y el segundo una ligera alcalinidad 8.5. 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 figura se muestran los tipos de suelos en la ciudad de Riobamba.

**Tabla 28**

*Clasificación de los materiales geológicos en la ciudad de Riobamba.*

<b>Geología</b>	<b>Descripción</b>	<b>Era geológica</b>
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

*Nota. Suelos en la ciudad de Riobamba. Tomado de (Padilla, 2021).*

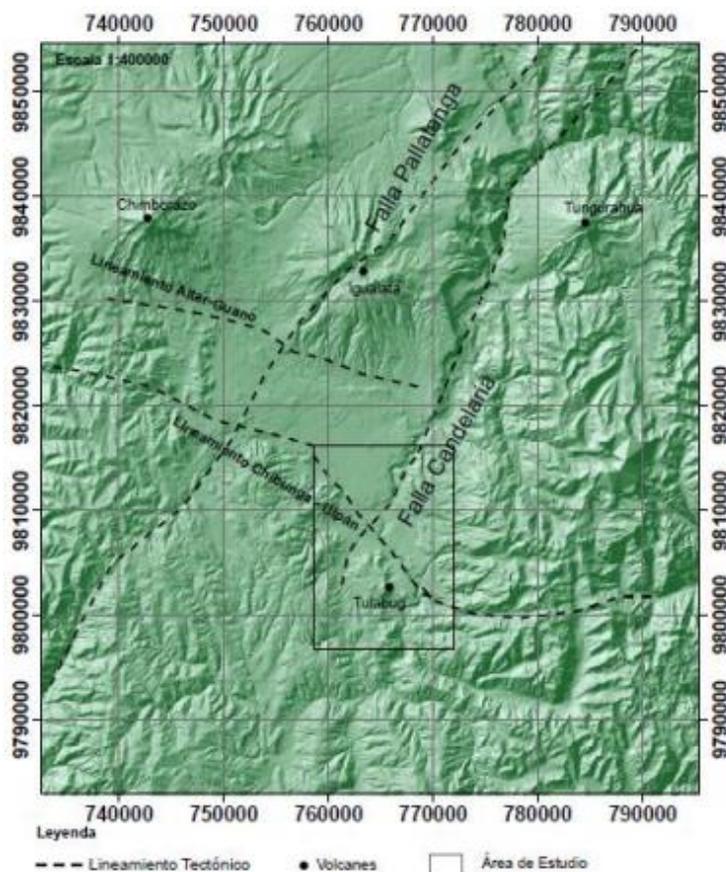
### **Fallas geológicas**

La zona de estudio está influenciada por el sistema de Fallas Pallatanga, que se caracterizan por una orientación NE - SW a NNE - SSW y está compuesta por segmentos estructurales que se extienden desde el este del Golfo de Guayaquil hasta la Cordillera Occidental, lo que forma la prolongación sur de la Falla Pujilí, definido por Hughes y Pilatasig (Winter & Lavenue, 1989). Este sistema de fallas atraviesa el Volcán Iguazata 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, que actúa como límite en el borde oriental de la Cordillera Real, y discurre en paralelo al Río Chambo con una dirección media de aproximadamente  $N6^{\circ}E \pm 8^{\circ}$ .

Padilla identificó dos lineamientos que afectan la zona estudiada. El primero es el Río Guano-Altar, de orientación E-W y perpendicular al Río Chambo, consta 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 (Padilla, 2021). 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.).

### **Figura 2**

*Mapa de las fallas cercanas a la ciudad de Riobamba.*



*Nota. La figura muestra un mapa de las fallas regionales cercanas a la ciudad de Riobamba (Padilla, 2021).*

### **Riesgo sísmico**

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 se diseñaron en función del espectro sísmico del antiguo Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC-2000) o la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-11). Por dichas amenazas sísmicas, es obligatorio que las edificaciones se construyan con diseño sismo-resistente. Es fundamental determinar la vulnerabilidad sísmica de las estructuras para determinar su seguridad y, por ende, su habitabilidad. (EPN, 2016).

### **Peligro sísmico**

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. (EPN, 2016).

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. (EPN, 2016).

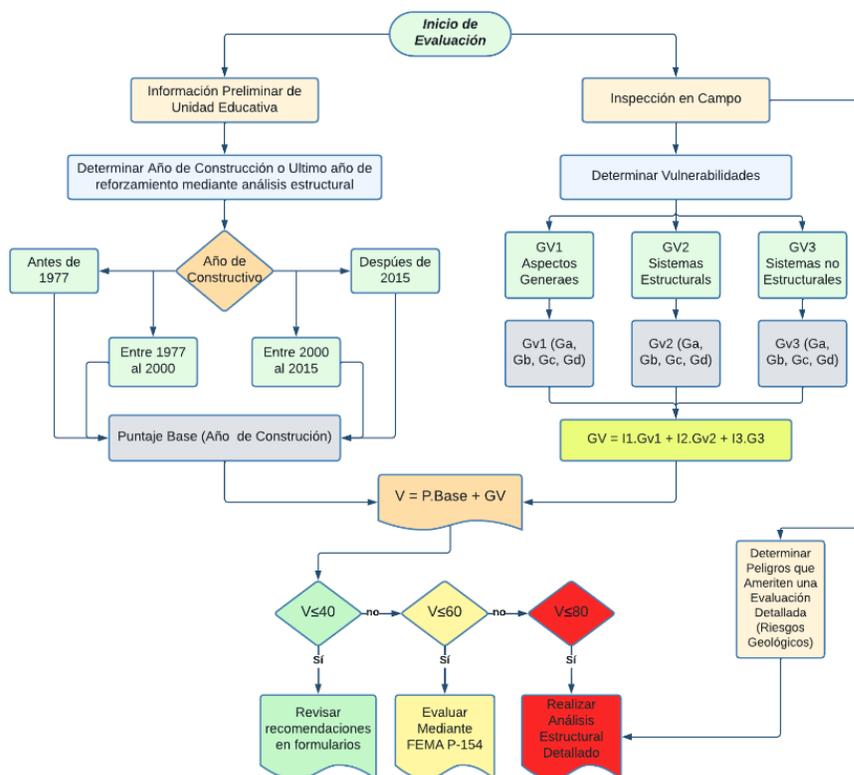
### **Metodología**

El presente estudio utiliza la metodología de (Ballesteros & Caizaguano, 2020), el mismo es un método de ponderación de puntajes según el formulario FEMA P-1000, que permite tener una herramienta rápida para evaluar la vulnerabilidad estructural de las diferentes edificaciones escolares bajo parámetros técnicos estructurales y de gestión de riesgos, con el objetivo de generar una guía básica para la seguridad educativa de los planteles analizados ante los riesgos sísmicos posibles de la zona.

Para un óptimo desempeño en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones se presenta el flujograma de la Figura 3.

Figura 3

Flujograma de Evaluación de Vulnerabilidad de Edificios.



Nota. Información adaptada de Guía, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

### Caso de estudio

Para esta investigación se tomaron 3 ciudades de gran importancia por su zona de ubicación, dentro de estas ciudades se realizó de manera detallada la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica en las principales Unidades educativas nivel primario, secundario, institutos de nivel superior y universidades, en función de la densidad poblacional educativa.

## Ciudad de Latacunga

### *Instituciones educativas seleccionadas y universidades*

Se llevó a cabo un total de 11 evaluaciones en Instituciones Educativas y Universidades ubicadas dentro del cantón Latacunga, con la ayuda de la guía de (Ballesteros & Caizaguano, 2020). Dichas Instituciones educativas, se detallan a continuación:

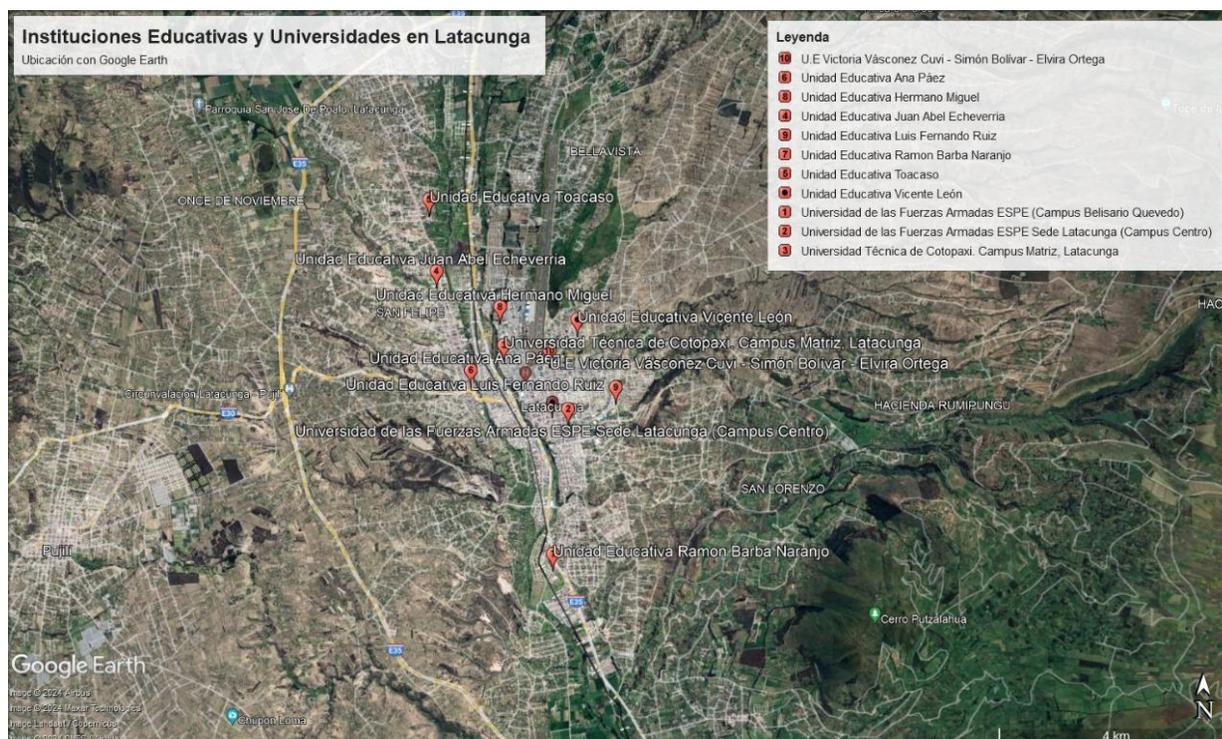
**Tabla 29**

### *Instituciones evaluadas en Latacunga*

<b>Nombre de Unidad Educativa y Universidades</b>	<b>Este [m]</b>	<b>Norte [m]</b>	<b>Altitud [msnm]</b>
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (Campus Belisario Quevedo)	768929,56	9889597,00	2735
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga (Campus Centro)	765777,32	9896317,69	2776
Universidad Técnica de Cotopaxi. Campus Matriz, Latacunga	764573,42	9897492,00	2789
Unidad Educativa Juan Abel Echeverria	763284,9	9898872,1	2793
Unidad Educativa Toacaso	757857,1	9916226,3	3171
Unidad Educativa Ana Páez	763923,9	9897011,6	2770
Unidad Educativa Ramon Barba Naranjo	765754,9	9896147,8	2769
Unidad Educativa Hermano Miguel	764500,4	9898203,9	2779
Unidad Educativa Luis Fernando Ruiz	766665,1	9896730,5	2781
U.E Victoria Vásquez Cuvi - Simón Bolívar - Elvira Ortega	765272,5	9897335,5	2776
Unidad Educativa Vicente León	765979,1	9897997,6	2788

Figura 4

Mapa de Unidades Educativas y Universidades seleccionadas en Latacunga



## Ciudad de Ambato

### *Instituciones educativas seleccionadas y universidades*

Para la ciudad de Ambato se realizó un total de 9 evaluaciones en Instituciones Educativas y Universidades de mayor población estudiantil, con ayuda de la guía de (Ballesteros & Caizaguano, 2020). Dichas Instituciones educativas y universidades, se detallan a en la tabla 30.

**Tabla 30**

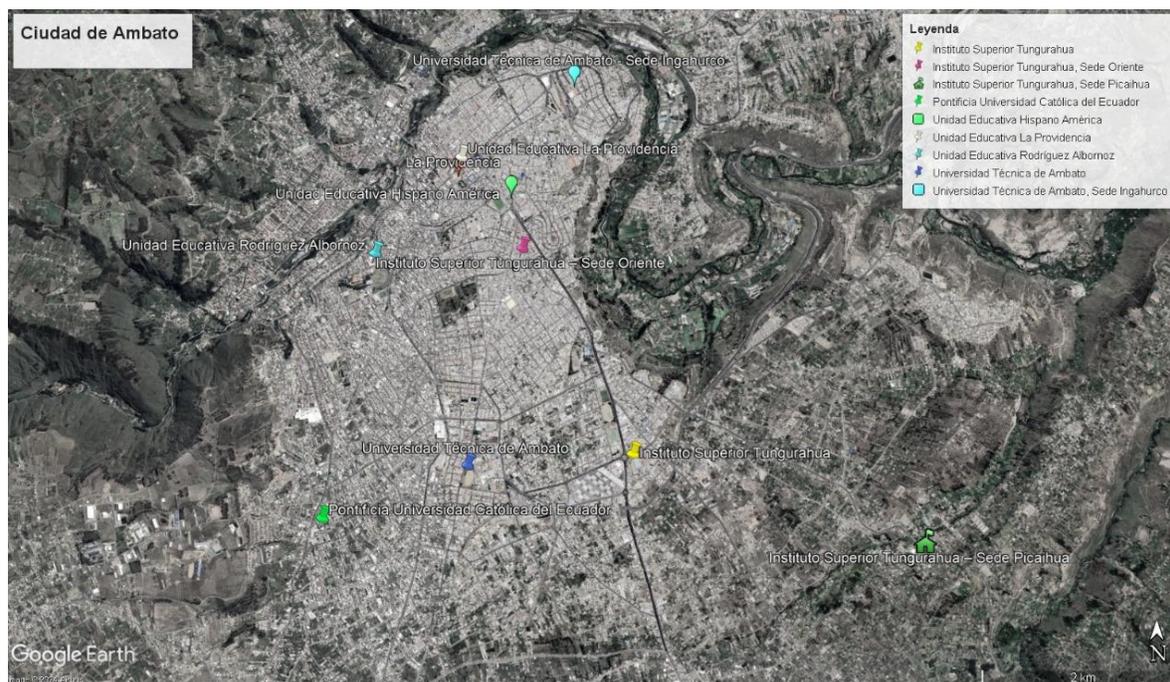
### *Instituciones evaluadas en Ambato*

<b>Nombre de la Unidad Educativa</b>	<b>Este [m]</b>	<b>Norte [m]</b>	<b>Altitud [m]</b>
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 Pícaihua	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 5**

*Mapa de Unidades Educativas y Universidades seleccionadas en Ambato*



### ***Ejemplo de escuela evaluada***

Se realizó el análisis de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador de la Ciudad de Ambato, como un modelo de aplicación de la guía FEMA P-1000 elaborada por (Ballesteros & Caizaguano, 2020), la

institución posee nueve edificaciones. A continuación, se presenta el formulario completo de esta investigación correspondiente a la primera edificación de esta institución.

### **Puntaje base**

El año de construcción de esta edificación es en el 2001, por lo tanto, se le asigna una categoría GB con un puntaje de 22,5 puntos.

**Tabla 31**

*Año de construcción (Puntaje Base)*

<b>Puntaje base</b>					
<b>1</b>	<b>Año de construcción</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Después del año 2015 (NEC 15)		x		
	GB: Entre el 2001 y 2014 (CEC 2000)				
	GC: Entre 1977 y 2000 (CEC 77)				
	GD: Antes de 1977 (Sin Norma)				
		<b>PUNTAJE BASE</b>	<b>22.5</b>		

### **Aspectos generales GV1**

Se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

#### ***Número de pisos***

Sí en el primer parámetro se tiene una categoría GA o GB, este parámetro debe entrar en una de las mismas categorías, puesto que está ligado directamente al año de construcción, con 40 puntos.

**Tabla 32**

*Número de pisos (GV1)*

<b>2</b>	<b>Número de pisos</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Menor a 4 pisos (post código)		x		

2	Número de pisos	GA	GB	GC	GD
	GB: Mayor a 4 pisos (post código)				
	GC: Menor a 3 pisos (Periodo de transición)				
	GD: Condiciones no contempladas (Pre-código - periodo de transición)				

### ***Tipo de edificio FEMA***

La estructura en estudio es de acero sin refuerzo, muros de relleno de mampostería, por tanto, su categoría es (S5) GC, que corresponde a un puntaje de 60.

### **Tabla 33**

*Tipo de edificio FEMA (GV1)*

3	Tipo de Edificio FEMA	GA	GB	GC	GD
	GA: W1			x	
	GB: S1, S3				
	GC: S2, S4, S5, C2				
	GD: C1, C3, PC, RM, URM, MX				

### ***Condición de golpeteo***

La disposición del edificio no muestra riesgo de impacto debido a la ausencia de edificaciones cercanas que puedan ocasionar daños. Esta condición se clasifica como GA y recibe un puntaje de 20 puntos.

**Tabla 34***Condición de golpeteo (GV1)*

<b>4</b>	<b>Condición de golpeteo</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: No presenta edificios cercanos que puedan causar problema de golpeteo	x			
	GB: El edificio adyacente se encuentra a un espacio de separación mayor al mínimo [ $\Delta(p) \times 5$ cm]				
	GC: El edificio adyacente se encuentra a un espacio de separación igual al mínimo [ $\Delta(p) \times 5$ cm]				
	GD: Sin presencia de juntas entre edificaciones contiguas, en caso de presencia de suelos de diferente calidad.				

***Condición de adyacencia***

Como ya se mencionó se clasifica GA, no tiene edificios cercanos, es Ga y tiene 20 puntos.

**Tabla 35***Condición de adyacencia (GV1)*

<b>5</b>	<b>Condición de adyacencia</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: No presenta edificios cercanos que puedan causar problema de golpeteo	x			
	GB: El edificio se encuentra en una fila de más de tres edificios				
	GC: Nivel de pisos entre edificios es de más de 60 cm en vertical				
	GD: Existe un edificio adyacente con más de dos plantas				

***Tipo de perfil de suelo***

La ciudad de Ambato se ubica sobre de depósitos de lahares, su clasificación de suelo es de tipo D, por lo que se asigna a la estructura la categoría GC, con 60 puntos.

**Tabla 36**

*Tipo de perfil de suelo (GV1)*

6	Tipo de perfil de Suelo	GA	GB	GC	GD
	GA: Tipo A y tipo B			x	
	GB: Tipo C				
	GC: Tipo D				
	GD: Tipo E y F* (* Requiere ingeniero especialista)				

Los puntajes obtenidos para la categoría GV1 al finalizar la evaluación, se suma y divide para el número de ítems considerados, con lo cual, se alcanzó el resultado de 40 puntos.

**Tabla 37**

*Puntaje GV1*

Categoría	GA	GB	GC	GD
<b>Resultado</b>	20	40	60	80
<b>Sumatoria</b>	200			
<b>Puntaje gv1</b>	<b>40,00</b>			

### **Aspectos generales GV2**

En esta etapa de evaluación se consideran elementos y características de tipo estructural, se consideró el tipo edificio FEMA, y de ello depende si se consideran o no todas las categorías.

### **Relación largo ancho**

Presenta una relación longitud-anchura menor a 4, las longitudes de largo y ancho son de 43 y 25 metros respectivamente. Se sitúa en la categoría GA, con 20 puntos.

**Tabla 38**

*Relación largo ancho (GV2)*

<b>7 Relación Largo Ancho</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
GA: La edificación posee una relación largo ancho menor a 4				
GB: La edificación posee una relación largo ancho menor a 4. Una de sus longitudes es próxima a 30m				
GC: La edificación posee una relación largo ancho mayor a 4				
GD: a edificación posee una relación largo ancho mayor a 4, no se identifica juntas de separación. Una de las longitudes supera los 30m.				

***Irregularidades en planta***

Se clasifica en la categoría GA y no presenta ninguna anomalía en su disposición en planta, a pesar de poseer un diseño arquitectónico rectangular, por lo tanto, su calificación de 20 puntos.

**Tabla 39**

*Irregularidad en planta (GV2)*

<b>8 Irregularidades en planta</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
GA: La edificación es regular	x			
GB: La edificación presenta: Vigas no alineadas con las columnas o Abertura en diafragmas				
GC: La edificación presenta: esquinas reentrantes				

8	Irregularidades en planta	GA	GB	GC	GD
---	---------------------------	----	----	----	----

GD: La edificación presenta: Sistemas no paralelos o Torsión

### ***Irregularidades en elevación***

No posee irregularidad en elevación, se sitúa en la categoría GA con una calificación de 20 puntos.

### **Tabla 40**

#### *Irregularidad en elevación GV2*

9	Irregularidades en elevación	GA	GB	GC	GD
---	------------------------------	----	----	----	----

GA: La edificación es regular

x

GB: La edificación presenta: Desnivel de terreno moderada o

Niveles divididos

GC: La edificación presenta: Desnivel de terreno severo (pendiente mayor 14%) o Retroceso en el plano o Pared de sótano sin refuerzo

GD: La edificación presenta: Columnas cortas o Piso blando/débil o

Retroceso fuera del plano

### ***Ampliaciones verticales***

Se mantiene el diseño arquitectónico original, por lo cual no posee ningún tipo ampliación vertical, su categoría es GA con 20 puntos.

**Tabla 41***Ampliaciones verticales (GV2)*

<b>10</b>	<b>Ampliaciones verticales</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Estructura no presenta ampliaciones	x			
	GB: Ampliación de una planta más pequeña que la principal. Una o más plantas con la misma configuración en planta e igual sistema de construcción				
	GC: Una o más plantas con la misma configuración estructural que la principal, pero con diferente sistema constructivo				
	GD: Una o más plantas con diferentes configuraciones que la principal, y diferente sistema constructivo				

***Ampliaciones horizontales***

Se mantiene el diseño arquitectónico original, no posee ninguna ampliación horizontal, su categoría es GA con 20 puntos.

**Tabla 42***Ampliaciones horizontales (GV2)*

<b>11</b>	<b>Ampliaciones Horizontales</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Estructura no presenta ampliaciones	x			
	GB: Ampliación con un mismo sistema constructivo e igual número de plantas				

11	Ampliaciones Horizontales	GA	GB	GC	GD
	GC: Edificio con igual sistema constructivo, pero con una diferencia de número de plantas. Ampliación con diferente sistema constructivo				
	GD: Ampliación con diferente sistema constructivo y diferencia en el número de plantas.				

### ***Patologías en vigas, columnas y losas***

No se evidencia fisuras ni humedad en: vigas, columnas y losas, por lo cual pertenece a la categoría GA, con 20 puntos.

**Tabla 43**

### *Patologías en vigas, columnas y losas (GV2)*

	GA	GB	GC	GD
<b>12</b> Ampliaciones Horizontales	x			
GB: Grietas por retracción de hormigón, afectaciones tipo I (metálica o madera)				
GC: Grietas en vigas por insuficiencia de armaduras positiva o negativa, afectaciones tipo II (metálica o madera)				
GD: Grietas en viga por corte, afectaciones tipo III (metálica o madera), vigas flejadas				
<b>13</b> Patologías en columnas				
GA: Columnas sin presencia de patologías	x			
GB: Fisuras, afectaciones tipo I (metálica o madera)				
GC: Grietas en columnas por represión en la fundación, afectaciones tipo II (metálica o madera)				

	GA	GB	GC	GD
GD: Grietas en columnas por insuficiencia de estribos, afectaciones tipo III (metálica o madera), pandeo de columnas.				
<b>14 Patologías en losas</b>				
GA: Losas sin presencia de patologías	x			
GB: Fisuras, afectaciones tipo I (metálica, acero, madera)				
GC: Grietas en losa por insuficiencia de armadura, Afectaciones tipo II (metálica, acero, madera)				
GD: Grietas en losas por sobrecarga excesiva, afectaciones tipo III (metálica, acero, madera), deformación de la losa				

#### ***Patologías en paredes***

No se evidencia fracturas o grietas, ni horizontales ni verticales en las paredes, por lo cual pertenece a la categoría GA, con 20 puntos.

#### **Tabla 44**

##### *Patologías en paredes (GV2)*

15	Patología en paredes	GA	GB	GC	GD
	GA: Paredes sin presencia de patologías	x			
	GB: Grietas en esquinas de ventanas y puertas, humedad localizada, afectaciones tipo I (laminas metálicas y de madera)				
	GC: Fractura o grietas horizontales o verticales en fachadas, afectaciones tipo II (laminas metálicas y de				

15	Patología en paredes	GA	GB	GC	GD
	madera), humedad generalizada, acción de hongos y moho.				
	GD: Fractura o grietas inclinadas en fachadas, afectaciones tipo III (laminas metálicas y de madera)				

Los puntajes obtenidos para la categoría GV2 al finalizar la evaluación, se suma y divide para el número de ítems considerados, con lo cual, se alcanzó el resultado de 20 puntos.

**Tabla 45**

*Puntaje GV2*

Categoría	GA	GB	GC	GD
<b>Resultado</b>	180	0	0	0
<b>Sumatoria</b>		180		
<b>Puntaje gv1</b>		20		

### **Aspectos generales GV3**

Dentro de esta categoría se evalúan elementos arquitectónicos, tales como: mobiliario, puertas y ventanas.

#### ***Elementos no estructurales exteriores***

La edificación tiene elementos no estructurales con una adecuada fijación, los cuales están soportados por la infraestructura.

Tabla 46

*Elementos no estructurales exteriores (GV3)*

<b>16</b>	<b>Elementos no estructurales exteriores</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: No hay presencia de elementos no estructurales altos		x		
	GB: Elementos con adecuada colocación, fijación, empotramiento con la estructura, etc.				
	GC: Elementos con inadecuada colocación, fijación, empotramiento con la estructura, etc.				
	GD: Elementos con riesgo de colapso o caída en caso de movimiento sísmico.				

***Elementos no estructurales interiores***

La edificación no posee elementos no estructurales que se soporten por la infraestructura en los interiores de la misma.

Tabla 47

*Elementos no estructurales interiores (GV3)*

<b>17</b>	<b>Elementos no estructurales interiores</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Los elementos no estructurales internos presentan una adecuada colocación e implementación		x		
	GB: Los elementos no estructurales internos presentan una regular colocación e implementación				

---

GC: Los elementos no estructurales internos

presentan una mala colocación e implementación

GD: Los elementos no estructurales internos se

encuentran con un alto riesgo de caída ante un

movimiento sísmico

---

### ***Estado de conservación de la edificación***

Los siguientes aspectos son ponderados en base a la perspectiva del evaluador, de características ya estudiadas.

**Tabla 48**

*Estado de conservación de la edificación (GV3)*

<b>18</b>	<b>Estado de conservación de la edificación</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Muy Bueno	x			
	GB: Bueno				
	GC: Regular				
	GD: Deficiente				

---

### ***Estado de conservación de las cubiertas***

**Tabla 49**

*Estado de conservación de cubiertas (GV3)*

<b>19</b>	<b>Estado de conservación de cubiertas</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Muy Bueno	x			
	GB: Bueno				
	GC: Regular				

---

19	Estado de conservación de cubiertas	GA	GB	GC	GD
----	-------------------------------------	----	----	----	----

GD: Deficiente

### ***Puertas de salida, o de emergencia***

La edificación cuenta con puertas de emergencia que se abren en un ángulo de 135° a 180° hacia el exterior. Se le asigna en la categoría GA con una puntuación de 20 puntos.

**Tabla 50**

### *Puertas de salida o de emergencia (GV3)*

20	Puertas de salida, o de Emergencia	GA	GB	GC	GD
	GA: 75 – 100% de las puertas cumplen con los requisitos básicos	x			
	GB: 50 – 74% de las puertas cumplen con los requisitos básicos				
	GC: 25 – 49% de las puertas cumplen con los requisitos básicos				
	GD: 0 – 24% de las puertas cumplen con los requisitos básicos				

### ***Ventanas***

La edificación posee ventanas con vidrio templado para ofrecer una mayor seguridad en eventos sísmicos. Se le asigna la categoría GA con una puntuación de 20 puntos.

Tabla 51

### *Ventanas (GV3)*

21	Ventanas	GA	GB	GC	GD
	GA: 75 – 100% de las ventanas tienen vidrios templados.				
	GB: 50 – 74% de las ventanas tienen vidrios templados.				
	GC: 25 – 49% de las ventanas tienen vidrios templados.	x			
	GD: 0 – 24% de las ventanas tienen vidrios templados.				
	Mayoría de vidrios con otro material				

### **Accesibilidad Inclusiva**

Cuenta con un entorno seguro y accesibilidad inclusiva para todas las personas, especialmente en el caso de un evento sísmico. Se le asigna la categoría GA con una puntuación de 20 puntos.

**Tabla 52**

#### *Accesibilidad inclusiva (GV3)*

<b>22 Accesibilidad inclusiva</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
GA: Se identifica satisfactoriamente las normas básicas para accesibilidad inclusiva	X			
GB: Deficiente implementación de normas básicas para accesibilidad inclusiva				
GC: En proceso de implementación de normas básicas para accesibilidad inclusiva				
GD: No se ha implementado ninguna norma básica para accesibilidad inclusiva				

Los puntajes obtenidos para la categoría GV3 al finalizar la evaluación, se suma y divide para el número de ítems considerados, con lo cual, se alcanzó el resultado de 22,86 puntos.

**Tabla 53**

#### *Puntaje GV3*

<b>Categoría</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
<b>Resultado</b>	120	40	0	0
<b>Sumatoria</b>		160		
<b>Puntaje gv1</b>		<b>22,86</b>		

### Cálculo de vulnerabilidad

El nivel de vulnerabilidad se determina en base a los valores del puntaje base y los valores de los grupos de vulnerabilidad (GV).

**Figura 6**

*Grado de Vulnerabilidad*

<b>VULNERABILIDAD</b>																																								
PUNTAJE BASE =				22,5																																				
I	Puntaje Base																																							
	12,5	22,5	45	55																																				
GV1	0,225	0,225	0,1875																																					
GV2	0,1125	0,113	0,0938																																					
GV3	0,0375	0,038	0,0313																																					
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"><b>GV1</b></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><b>I</b></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> <tr> <td>40,00</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td>0,225</td> <td style="text-align: center;">=</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><b>9,00</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="6"><b>GV2</b></td> </tr> <tr> <td>20,00</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td>0,1125</td> <td style="text-align: center;">=</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><b>2,25</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="6"><b>GV3</b></td> </tr> <tr> <td>22,86</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td>0,0375</td> <td style="text-align: center;">=</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><b>0,86</b></td> <td></td> </tr> </table>					<b>GV1</b>		<b>I</b>				40,00	x	0,225	=	<b>9,00</b>		<b>GV2</b>						20,00	x	0,1125	=	<b>2,25</b>		<b>GV3</b>						22,86	x	0,0375	=	<b>0,86</b>	
<b>GV1</b>		<b>I</b>																																						
40,00	x	0,225	=	<b>9,00</b>																																				
<b>GV2</b>																																								
20,00	x	0,1125	=	<b>2,25</b>																																				
<b>GV3</b>																																								
22,86	x	0,0375	=	<b>0,86</b>																																				
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"><b>V</b></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">=</td> <td style="width: 40%;">Puntaje Base +GV</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td><b>V</b></td> <td style="text-align: center;">=</td> <td><b>34,61</b></td> <td></td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><b>GV</b></td> <td style="text-align: center;">= <b>12,11</b></td> </tr> </table>				<b>V</b>	=	Puntaje Base +GV				<b>V</b>	=	<b>34,61</b>		<b>GV</b>	= <b>12,11</b>																									
<b>V</b>	=	Puntaje Base +GV																																						
<b>V</b>	=	<b>34,61</b>		<b>GV</b>	= <b>12,11</b>																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">60 &lt; V ≤ 80</td> <td style="background-color: red; color: white; text-align: center;"><b>Alto</b></td> <td style="text-align: center;">Realizar análisis estructural detallado</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">40 &lt; V ≤ 60</td> <td style="background-color: yellow; text-align: center;"><b>Medio</b></td> <td style="text-align: center;">Evaluar mediante FEMA P-154</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">20 &lt; V ≤ 40</td> <td style="background-color: green; text-align: center;"><b>Bajo</b></td> <td style="text-align: center;">Considerar recomendaciones de esta guía</td> <td style="text-align: center;"><b>X</b></td> </tr> </table>					60 < V ≤ 80	<b>Alto</b>	Realizar análisis estructural detallado	-	40 < V ≤ 60	<b>Medio</b>	Evaluar mediante FEMA P-154	-	20 < V ≤ 40	<b>Bajo</b>	Considerar recomendaciones de esta guía	<b>X</b>																								
60 < V ≤ 80	<b>Alto</b>	Realizar análisis estructural detallado	-																																					
40 < V ≤ 60	<b>Medio</b>	Evaluar mediante FEMA P-154	-																																					
20 < V ≤ 40	<b>Bajo</b>	Considerar recomendaciones de esta guía	<b>X</b>																																					

*Nota.* Cálculos realizados para el edificio E2 propuesto por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

### Coefficiente de respuesta

El coeficiente de respuesta se relaciona con el plan estratégico ante un evento sísmico, que tienen las autoridades institucionales en respuesta a una adecuada planificación donde se considera equipos, operaciones y recursos necesarios, además se analizan los planes de acción que deben ser puestos en práctica; el coeficiente de respuesta de esta edificación es de 80 puntos.

Tabla 54

Formulario Coeficiente de respuesta

<b>Formulario de detección visual rápida de vulnerabilidad</b>					
<b>1</b>	<b>El equipo central de planificación está conformado por:</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Todos los representantes la comunidad educativa (rector, personal administrativo y servicios, profesores, personal de salud, estudiantes, transportistas, representantes de minorías, personas con discapacidad, padres de familia, visitantes, comunidad aledaña entre otros).	X			
	GB: Algunos representantes de la comunidad educativa sin considerar a los actores indirectos (transportistas, visitantes, comunidad aledaña, entre otros).				
	GC: Algunos representantes de la comunidad educativa sin considerar personas con discapacidad o minorías.				
	GD: Escasos o nulos representantes de la comunidad educativa.				
<b>2</b>	<b>El equipo central de planificación conformado conoce:</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Conocen sus roles y responsabilidades, vocabulario, y la estructura establecida.	X			
	GB: Desconocen sus roles y responsabilidades el vocabulario, y la estructura establecida				
	GC: En proceso de conformación del equipo central de planificación.				
	GD: No está conformado el equipo central de planificación.				

---

**Formulario de detección visual rápida de vulnerabilidad**


---

<b>3</b>	<b>El equipo central de planificación conformado tiene un horario de reunión:</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Al menos una vez por semana.	X			
	GB: Unas dos veces al mes.				
	GC: Menos de cinco veces al Quimestre.				
	GD: Menos de ocho veces al año.				
<b>4</b>	<b>El equipo de planificación identifica amenazas:</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Naturales, tecnológicas, biológicas, Adversas (Incitadas por el hombre).	X			
	GB: No identifica uno de los cuatro tipos de amenazas.				
	GC: No identifica dos de los cuatro tipos de amenazas.				
	GD: No identifica amenazas.				
<b>5</b>	<b>El equipo de planificación ha realizado evaluaciones de capacidad:</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: La comunidad educativa conoce los roles y responsabilidades en caso de emergencia.	X			
	GB: La comunidad educativa (a excepción de actores indirectos) conoce los roles y responsabilidades en caso de emergencia.				
	GC: La comunidad educativa tiene dudas sobre sus roles y responsabilidades en caso de emergencia.				
	GD: No se ha realizado evaluaciones de capacidad.				
<b>6</b>	<b>El equipo de planificación identifica a sus socios comunitarios:</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Identificados, actualizados y socializados.	X			

---

---

**Formulario de detección visual rápida de vulnerabilidad**


---

GB: Identificados, actualizados y sin socialización.

GC: Identificados, y no actualizados.

GD: No identificados.

**7 El equipo de planificación identifica los recursos:** **GA GB GC GD**

GA: Inventariados, suficientes y localizados a disposición de la  
unidad educativa X

GB: Inventariados, ubicados pero insuficientes.

GC: En proceso de gestión.

GD: Sin recursos.

**8 El equipo de planificación conoce de los factores de riesgo** **GA GB GC GD**

**externos:**

GA: A más de 500m. X

GB: Entre 250 y 500m

GC: Entre 0 y 250m.

GD: No se conocen factores de riesgo externo.

**9 El equipo de planificación determina objetivos y metas para** **GA GB GC GD**

**amenazas:**

GA: Aborda al menos tres objetivos y metas para abordar cada  
amenaza o peligro en tres fases (antes, durante y después del  
peligro) X

GB: Se aborda objetivos y metas para dos de las tres fases.

GC: Se aborda objetivos y metas para una de las tres fases.

GD: No se ha implementado objetivos y metas

---

---

**Formulario de detección visual rápida de vulnerabilidad**


---

<b>10</b>	<b>El equipo de planificación delimita los cursos de acción:</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Elaborado y actualizado (Representa un escenario de emergencia, determina el tiempo de respuesta, identifica puntos de acción, y elabora cursos de acción).	<b>X</b>			
	GB: Elaborado, pero no actualizado.				
	GC: En proceso de elaboración de pasos de acción.				
	GD: No se ha implementado.				
<b>11</b>	<b>El POE escolar se encuentra:</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Al menos una vez por semana.	<b>X</b>			
	GB: Unas dos veces al mes.				
	GC: Menos de cinco veces al Quimestre.				
	GD: Menos de ocho veces al año.				
<b>12</b>	<b>El POE escolar ha conformado un Sistema de Brigadas de respuesta de emergencias:</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Conformadas y capacitadas	<b>X</b>			
	GB: Conformadas, pero no capacitadas.				
	GC: En proceso de conformación.				
	GD: No conformadas				
<b>13</b>	<b>El Plan de Operación de Emergencia contiene un Anexo de respuesta para un sismo:</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Elaborado e implementado.	<b>X</b>			
	GB: Elaborado y no implementado				
	GC: En proceso de elaboración.				

---

---

**Formulario de detección visual rápida de vulnerabilidad**


---

	GD: No está elaborado				
<b>14</b>	<b>El Plan de Operación de Emergencia contiene un Anexo de evacuación:</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Elaborado e implementado.	X			
	GB: Elaborado y no implementado.				
	GC: En proceso de elaboración				
	GD: No está elaborado.				
<b>15</b>	<b>El Plan de Operación de Emergencia contiene un Anexo de atrapados por desplome de infraestructura:</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Elaborado e implementado.	X			
	GB: Elaborado y no implementado.				
	GC: En proceso de elaboración				
	GD: No está elaborado.				
<b>16</b>	<b>El Plan de Operación de Emergencia contiene un Anexo de puntos de reunión post evacuación en caso de sismo</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Elaborado e implementado.	X			
	GB: Elaborado y no implementado.				
	GC: En proceso de elaboración				
	GD: No está elaborado.				
<b>17</b>	<b>El Plan de Operación de Emergencia contiene un Anexo de conteo de personas en caso de sismo:</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Elaborado e implementado.	X			
	GB: Elaborado y no implementado.				

---

---

**Formulario de detección visual rápida de vulnerabilidad**


---

	GC: En proceso de elaboración				
	GD: No está elaborado.				
<b>18</b>	<b>El Plan de Operación de Emergencia contiene un Anexo de entrega de estudiantes a sus representantes:</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Elaborado e implementado.	<b>X</b>			
	GB: Elaborado y no implementado.				
	GC: En proceso de elaboración				
	GD: No está elaborado.				
<b>19</b>	<b>El Plan de Operación de Emergencia contiene un Anexo de información para Protección de bienes escolares:</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Elaborado e implementado.	<b>X</b>			
	GB: Elaborado y no implementado.				
	GC: En proceso de elaboración				
	GD: No está elaborado.				
<b>20</b>	<b>El Plan de Operación de Emergencia contiene un Anexo de comunicación interna y externa durante un sismo:</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Elaborado e implementado.	<b>X</b>			
	GB: Elaborado y no implementado.				
	GC: En proceso de elaboración				
	GD: No está elaborado.				
<b>21</b>	<b>El Plan de Operación de Emergencia contiene un Anexo que designa a la U.E. como refugio en caso de emergencia</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	GA: Elaborado e implementado.				

---

**Formulario de detección visual rápida de vulnerabilidad**


---

	GB: Elaborado y no implementado.	X				
	GC: En proceso de elaboración					
	GD: No está elaborado.					
<b>22</b>	<b>El Plan de Operación de Emergencia contiene un Anexo de salud pública, medicina y salud mental tras un sismo:</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>	
	GA: Elaborado e implementado.	X				
	GB: Elaborado y no implementado.					
	GC: En proceso de elaboración					
	GD: No está elaborado.					
<b>23</b>	<b>El Plan de Operación de Emergencia contiene la planificación de ejercicios de mesa, y simulacros:</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>	
	GA: Elaborado e implementado.	X				
	GB: Elaborado y no implementado.					
	GC: En proceso de elaboración					
	GD: No está elaborado.					
<b>24</b>	<b>Desarrollo de destrezas relacionándolas con temas de gestión de riesgos por sismo en la institución:</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>	
	G1: Los estudiantes han desarrollado destrezas relacionadas con temas de gestión de riesgo por sismo.	X				
	G2: Los estudiantes han desarrollado parcialmente destrezas relacionándolas con temas de gestión de riesgos por sismos					
	G3: Los estudiantes han desarrollado escasas destrezas					

---

**Formulario de detección visual rápida de vulnerabilidad**


---

G4: Los estudiantes no han desarrollado destrezas

relacionándolas con temas de gestión de riesgos por sismos.

**25 Incorporación de la gestión de riesgos a las actividades y eventos escolares:**    **GA   GB   GC   GD**

G1: La gestión de riesgo será incorporada y desarrollada como parte de las actividades y eventos escolares.    **X**

G2: La gestión de riesgos está parcialmente incorporada y desarrollada como parte de las actividades y eventos escolares.

G3: La gestión de riesgos está por incorporarse como parte de las actividades y eventos escolares.

G4: La gestión de riesgos no está incorporada como parte de las actividades y eventos escolares.

---

**Tabla 55**

*Cálculo del Coeficiente de respuesta*

---

<b>Resultados del formulario de detección visual rápida de vulnerabilidad</b>				
<b>Conteo de respuestas</b>	25	0	0	0
	80	60	40	20
	2000	0	0	0
<b>Sumatoria</b>	2000			
<b>Puntaje final</b>	80			

---

## Ciudad de Riobamba

### *Instituciones educativas seleccionadas y universidades*

A continuación, se proporciona un desglose detallado de estas instituciones educativas y universidades donde se realizó un total de 5 evaluaciones en instituciones educativas y universidades situadas en el cantón Riobamba, con ayuda de la guía desarrollada por (Ballesteros & Caizaguano, 2020):

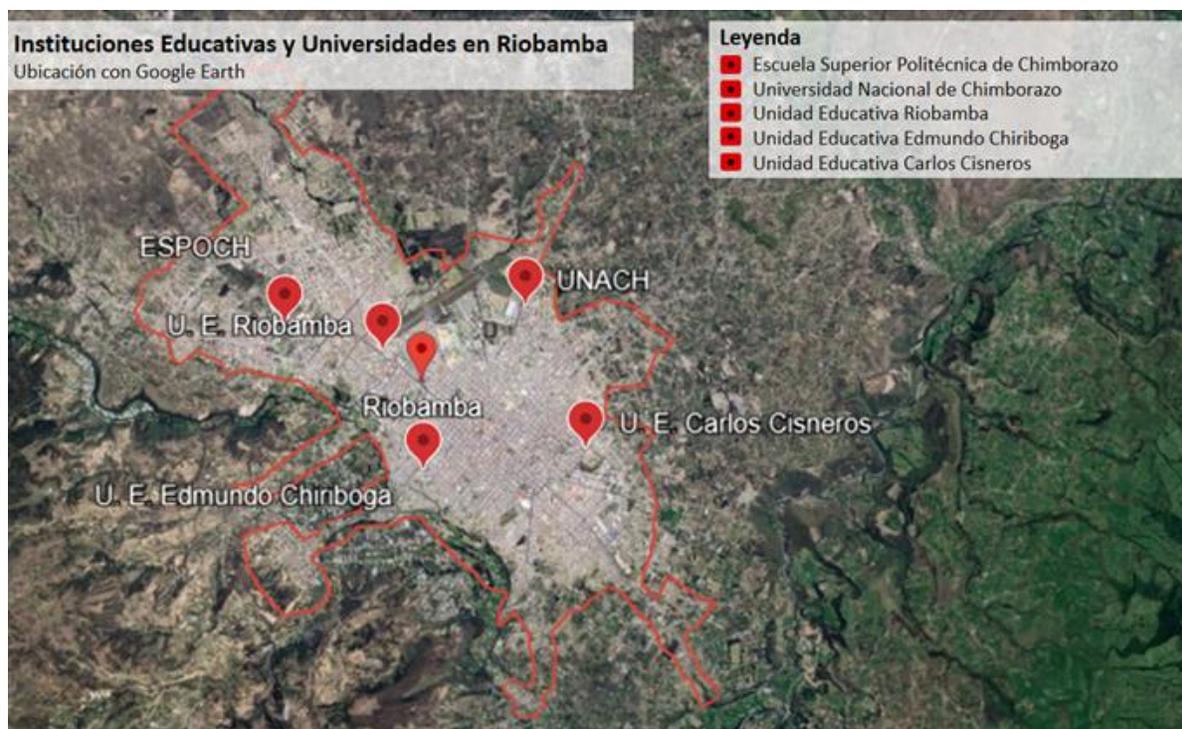
**Tabla 56**

*Unidades Educativas y Universidades seleccionadas en Riobamba*

<b>Nombre de la Unidad Educativa</b>	<b>Este [m]</b>	<b>Norte [m]</b>	<b>Altitud [m]</b>
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 7**

*Mapa de unidades educativas y universidades seleccionadas en Riobamba*



*Nota.* Imagen Recuperada de Google Earth.

## Resultados

### Ciudad de Latacunga

Se realizó el análisis de la vulnerabilidad por edificio, la vulnerabilidad total de cada institución educativa mencionada en la tabla 62 y su clasificación según el riesgo global. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de una de las estructuras de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” campus Belisario Quevedo.

#### ***Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (Campus Belisario Quevedo)***

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE campus Belisario Quevedo está constituido por seis bloques que se detallan a continuación:

Tabla 57

*Datos Generales de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Campus Belisario Quevedo*

<b>Datos generales</b>			
<b>Nombre de la Unidad</b>	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Campus Belisario		
<b>Educativa:</b>	Quevedo		
<b>Dirección:</b>	Parroquia Belisario Quevedo calle Cesar León		
<b>Coordenadas</b>		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
<b>Fecha de evaluación:</b>	12/09/2023	<b>N° de Edificios:</b>	11
<b>Cota de Construcción aproximada</b>	Bloques del 1 - 6	2820 msnm	<b>Jornada:</b> Matutina y Vespertina

Tabla 58

*Descripción de los edificios de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Campus Belisario Quevedo*

<b>Código</b>	<b>Dependencias y Descripción</b>	<b>Fotografía</b>
<b># de</b>		
<b>Pisos</b>		

**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.

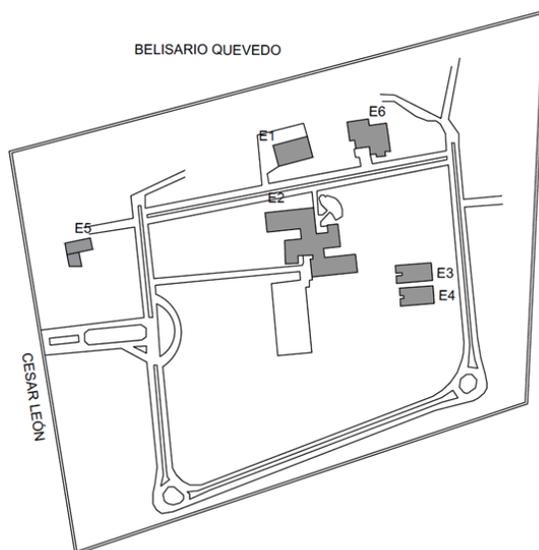


- E6** (1) Aulas
- Construcción con más de 13 años de construcción es una estructura tipo (S4) presenta irregularidades en planta, podemos apreciar esquinas reentrantes sus paredes presentan grietas en mampostería y su estado de conservación es bueno.



**Figura 8**

*Croquis de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Campus Belisario Quevedo*



**Tabla 59**

*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	5,64	
E2	Aulas	35,89	Baja	6	5,98	
E3	Laboratorio	36,11	Baja	6	6,02	
E4	Laboratorio	35,86	Baja	6	5,98	<b>39,16</b>
E5	Laboratorio	58,50	Media	6	9,75	
E6	Laboratorio	34,78	Baja	6	5,80	

Se consideran 6 edificios que componen a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Campus Belisario Quevedo se registra 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 9**

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



**Tabla 60**

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

<b>Capacidad de Respuesta [Cr= 68,00]</b>			
60 < Cr < 80	<b>Alto</b>	Mantener el POE. Reuniones esporádicas	X
40 < Cr < 60	<b>Medio</b>	Reformular aspectos relevantes POE	
20 < Cr < 40	<b>Bajo</b>	Reformular completamente o crear POE	

**Tabla 61**

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

<b>Coficiente de Capacidad</b>	<b>Riesgo Global</b>	<b>Categoría</b>
$Si Cr \leq 50 \rightarrow C = \frac{(Cr + 100) * (V + 240)}{48000}$	$Rg = \frac{Vtotal}{C} * NE$	D
$Si Cr > 50 \rightarrow C = \frac{(Cr + 100) * (170 - V)}{13500}$	X NE = 1	Estimación del riesgo global alto
C= 0,98	Rg=40,08	

Para las 14 Unidades Educativas y las 3 Universidades restantes, se aplica el mismo procedimiento detallado previamente, los resultados se presentan a continuación.

**Tabla 62**

*Resultados de las Unidades Educativas y Universidades evaluadas en la ciudad de Latacunga*

<b>N°</b>	<b>Nombre de Unidad Educativa</b>	<b>V total</b>	<b>Cr</b>	<b>C</b>	<b>Rg</b>	<b>Categoría</b>
1	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE	39,16	68,00	0,98	40,08	C

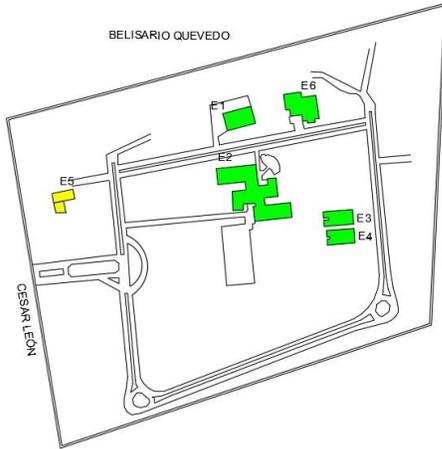
(Campus Belisario Quevedo)

N°	Nombre de Unidad Educativa	V total	Cr	C	Rg	Categoría
2	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga (Campus Centro)	59,76	71,20	1,07	55,89	D
3	Universidad Técnica de Cotopaxi. Campus Matriz, Latacunga	60,11	72,00	1,08	55,90	D
4	Unidad Educativa Juan Abel Echeverria	52,41	63,20	0,99	52,71	D
5	Unidad Educativa Toacaso	55,12	63,20	1,00	54,93	D
6	Unidad Educativa Ana Páez	46,41	63,20	0,97	47,66	D
7	Unidad Educativa Ramon Barba Naranjo	57,31	63,20	1,01	56,70	D
8	Unidad Educativa Hermano Miguel	51,32	63,20	0,99	51,81	D
9	Unidad Educativa Luis Fernando Ruiz	60,02	63,20	1,02	58,84	D
10	U.E Victoria Vásquez Cuví - Simón Bolívar - Elvira Ortega	64,82	63,20	1,04	62,54	D
11	Unidad Educativa Vicente León	47,51	63,20	0,98	48,60	D

**Tabla 63**

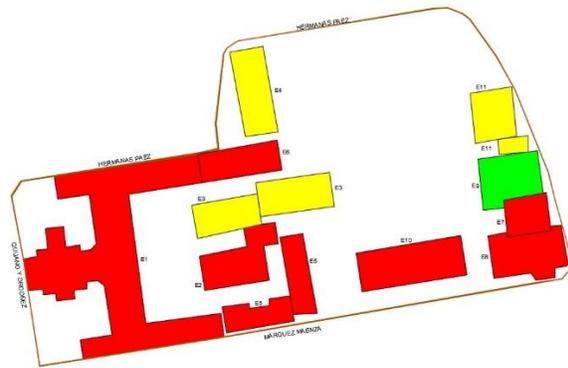
*Esquemas de vulnerabilidad de las edificaciones de las U.E. y Universidades*

Esquema de Vulnerabilidad	Esquema de Vulnerabilidad
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (Campus Belisario Quevedo)	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga (Campus Centro)



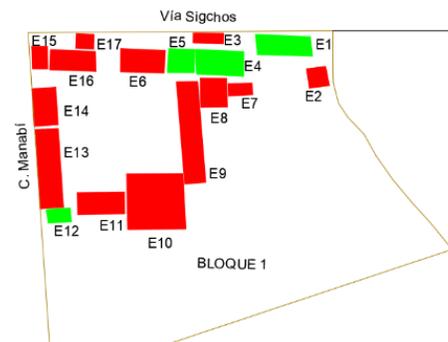
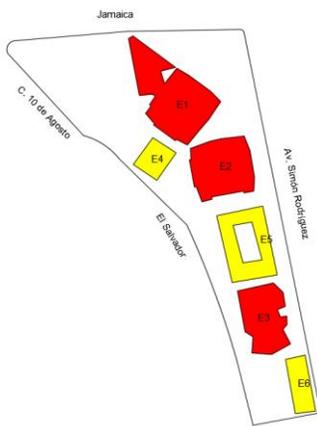
Universidad Técnica de Cotopaxi Campus

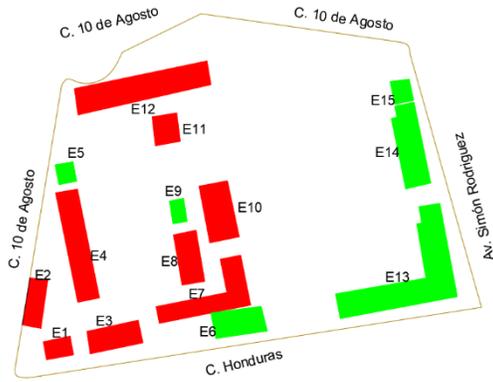
(Matriz, Latacunga)



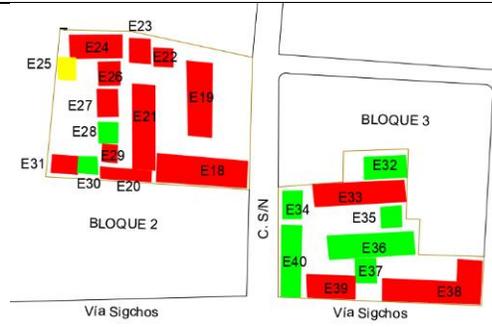
Unidad Educativa Juan Abel Echeverria

Unidad Educativa Toacaso





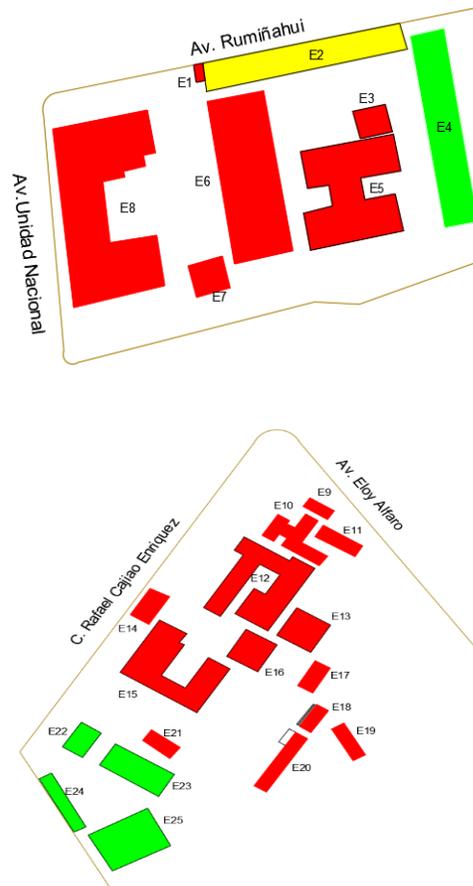
Unidad Educativa Ana Páez



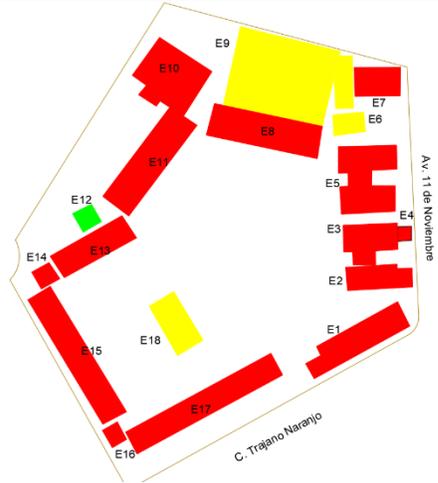
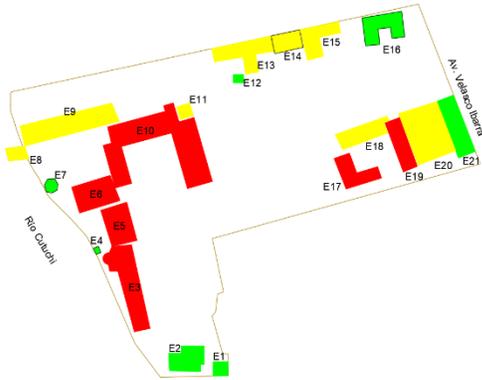
Unidad Educativa Ramon Barba Naranjo



Unidad Educativa Hermano Miguel



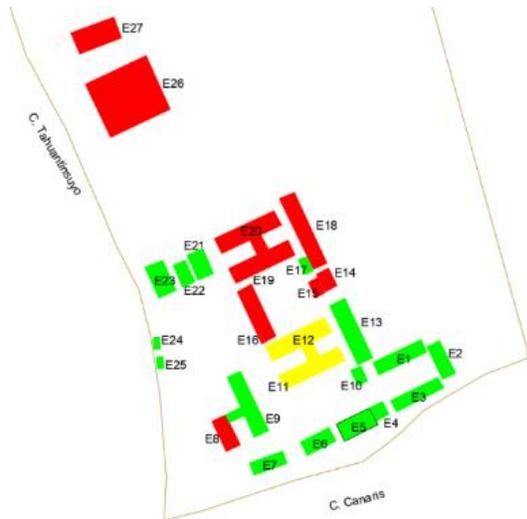
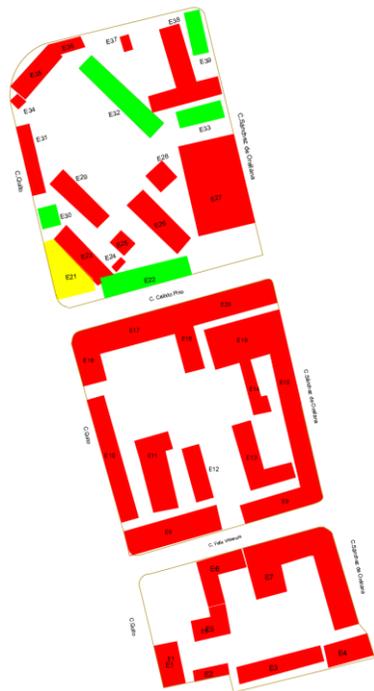
Unidad Educativa Luis Fernando Ruiz



U.E Victoria Vásconez Cuvi - Simón Bolívar -

Unidad Educativa Vicente León

Elvira Ortega



**Tabla 64***Porcentajes de Edificaciones según su norma de construcción*

	Año de Construcción			
	NEC 2015	CEC 2000	CEC 77	Sin Norma
<b>N° de Edificios</b>	12	84	98	35
<b>Porcentaje</b>	5,24%	36,68%	42,79%	15,28%

**Tabla 65***Porcentajes de tipo de estructuras*

	Tipo de estructura							
	W1	S3	S4	S5	C3	MX	URM	MH
<b>N° de Edificios</b>	1	1	7	62	135	10	7	6
<b>Porcentaje</b>	0,44%	0,44%	3,06%	27,07%	58,95%	4,37%	3,06%	2,62%

**Tabla 66***Porcentajes de estado de conservación general de las edificaciones*

	Estado de conservación de las edificaciones			
	Muy bueno	Bueno	Regular	Deficiente
<b>N° de Edificios</b>	6	142	74	7
<b>Porcentaje</b>	2,62%	62,01%	32,31%	3,06%

**Tabla 67***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

<b>N° de Edificios</b>	30	199
<b>Porcentaje</b>	13,10%	86,90%

**Tabla 68**

*Porcentajes de las Unidades Educativas según el cumplimiento de accesibilidad inclusiva*

<b>Accesibilidad inclusiva</b>		
	<b>Cumple</b>	<b>No cumple</b>
<b>N° de Edificios</b>	27	202
<b>Porcentaje</b>	11,79%	88,21%

**Tabla 69**

*Porcentajes de categoría de Unidades educativas según Riesgo Global*

<b>Categoría</b>		
	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>N° de Instituciones</b>	1	10
<b>Porcentaje</b>	9,09%	90,91%

### **Ciudad de Ambato**

Se presentan los resultados de 9 instituciones educativas de Ambato (tabla 30), cada institución cuenta con diferentes números de bloques, en los cuales se realizó el análisis individual de vulnerabilidad sísmica. A continuación, se presentan, los resultados recopilados del análisis de las instituciones.

#### ***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:

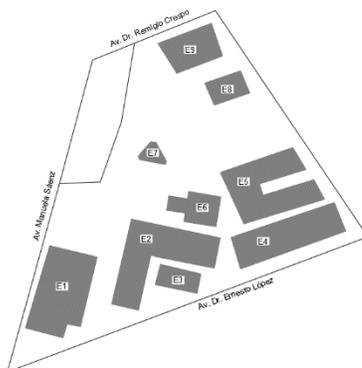
Tabla 70

Datos Generales "Pontificia Universidad Católica del Ecuador"

Datos generales			
<b>Nombre de la Unidad</b>	Pontificia Universidad Católica del Ecuador		
<b>Educativa:</b>			
<b>Dirección:</b>	Av. Manuelita Sáenz y Av. Ernesto López. Ambato EC180207		
<b>Sitio de referencia:</b>	Complejo Judicial de Ambato		
<b>Coordenadas</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	
	762776.50	9859066.86	
<b>Fecha de evaluación:</b>	10/ 11/2023	<b>N° de Edificios:</b>	9
<b>Cota de Construcción</b>	2779msnm	<b>Jornada:</b>	Matutina y Vespertina

Figura 10

Croquis "Pontificia Universidad Católica del Ecuador"



**Tabla 71**

*Descripción de los edificios de la " Pontificia Universidad Católica del Ecuador "*

Código	Dependencias y Descripción	Fotografía
<b># de Pisos</b>		
<b>E1 (10)</b>	<p>(1): Aulas</p> <p>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.</p>	
<b>E2 (3)</b>	<p>(1): Aulas</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 deficiente tipo de aplicación de</p>	

---

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)**

(1): Aulas

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.

**E5 (3)**

(1): Oficinas

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.

**E6 (1)**

(1): Aulas

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.



**E7 (1)**

(1): Cafetería

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.

**E8 (3)**

(1): Enfermería

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.



**E9 (1)** (1): Coliseo

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.



**Tabla 72**

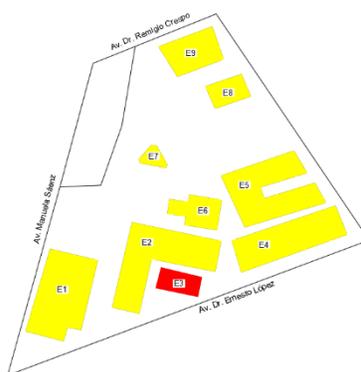
***Descripción de los edificios de la "Pontificia Universidad Católica del Ecuador"***

<b>Edificio</b>	<b>Uso</b>	<b>V</b>		<b>Elemento de Terreno</b>	<b>V Total</b>	
<b>E1</b>	Aulas	34.67	Baja	4	3,46	<b>56,24</b>
<b>E2</b>	Aulas	57.71	Media	6	8,66	
<b>E3</b>	Laboratorio	68.92	Alta	3	5,17	
<b>E4</b>	Aulas	59.18	Media	6	2,28	
<b>E5</b>	Oficinas	57.77	Media	5	8,88	
<b>E6</b>	Aulas	57.13	Media	4	7,22	
<b>E7</b>	Cafetería	57.13	Media	4	5,71	
<b>E8</b>	Enfermería	57.13	Media	4	5,71	
<b>E9</b>	Coliseo	57.13	Media	4	5,71	

De los 9 edificios que conforman la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, se constata 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, al aplicar el protocolo detallado en el procedimiento FEMA P-154.

**Figura 11**

*Esquema de vulnerabilidad " Pontificia Universidad Católica del Ecuador "*



**Tabla 73**

*Capacidad de respuesta " Pontificia Universidad Católica del Ecuador "*

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

Tabla 74

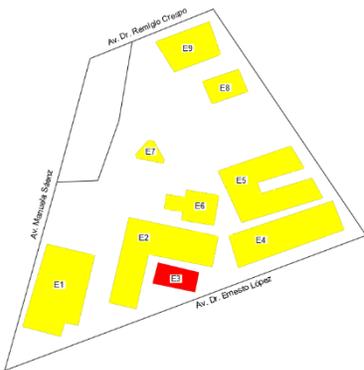
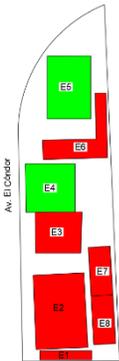
Riesgo global de la " Pontificia Universidad Católica del Ecuador "

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

Este proceso fue replicado para las instituciones educativas restantes.

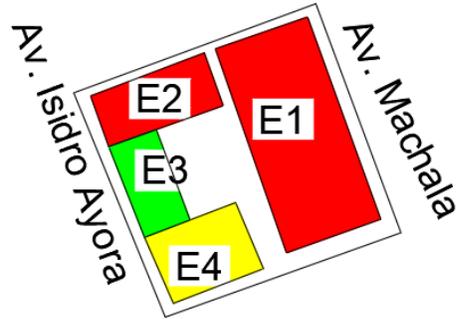
Tabla 75

Esquemas de vulnerabilidad de las instituciones educativas de Ambato

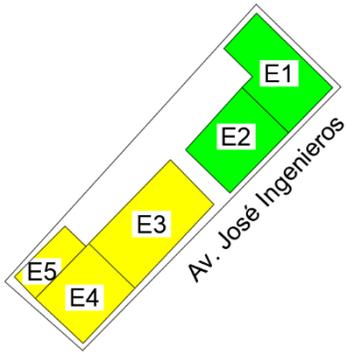
Esquema de Vulnerabilidad	Esquema de Vulnerabilidad
<p>PUCE</p> 	<p>Instituto Superior Tungurahua</p> 
Universidad Técnica de Ambato	IST - Sede Picaibo



IST - Sede Oriente



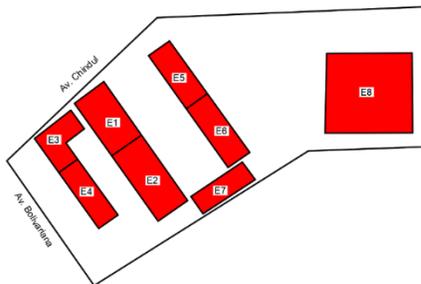
UTA – Sede Ingahurco



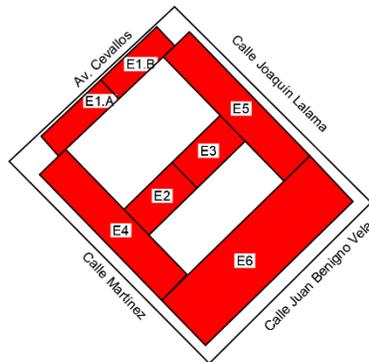
Unidad Educativa Hispano América

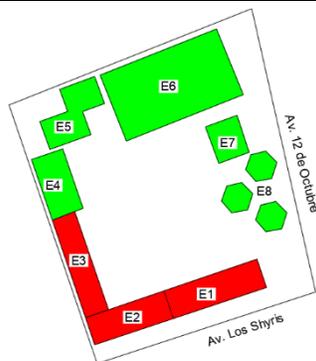


Unidad Educativa La Providencia



Unidad Educativa Rodríguez Albornoz



**Tabla 76**

*Resultados de las Unidades Educativas y Universidades evaluadas en la ciudad de Ambato*

N°	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 77***Porcentajes de Edificaciones según su norma de construcción*

	Año de Construcción			
	<b>NEC 2015</b>	<b>CEC 2000</b>	<b>CEC 77</b>	<b>Sin Norma</b>
N° de Edificios	6	29	77	31
Porcentaje	7,23%	34,94%	20,48%	37,35%

**Tabla 78***Porcentajes de tipo de estructuras*

	Tipo de estructura					
	<b>W1</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>	<b>C3</b>	<b>MX</b>
N° de Edificios	8	6	4	25	40	0
Porcentaje	9,64%	7,23%	4,82%	30,12%	48,19%	0,00%

**Tabla 79***Porcentajes de estado de conservación general de las edificaciones*

	Estado de conservación de las edificaciones			
	<b>Muy bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Deficiente</b>
N° de Edificios	30	40	13	0
Porcentaje	36,14%	48,19%	15,56%	0,00%

**Tabla 80**

*Porcentajes de las Unidades Educativas según el cumplimiento de parámetros de puertas y ventanas*

Puertas de salida, o de emergencia y ventanas		
	<b>Cumple</b>	<b>No cumple</b>
N° de Edificios	63	20
Porcentaje	75,90%	24,10%

**Tabla 81**

*Porcentajes de las Unidades Educativas según el cumplimiento de accesibilidad inclusiva*

Accesibilidad inclusiva		
	<b>Cumple</b>	<b>No cumple</b>
<b>N° de Edificios</b>	70	13
<b>Porcentaje</b>	84,34%	15,66%

**Tabla 82**

*Porcentajes de categoría de Unidades educativas y universidades según Riesgo Global*

Categoría		
	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>N° de</b>	4	5
<b>Instituciones</b>		
<b>Porcentaje</b>	45%	55%

## Ciudad de Riobamba

Se llevó a cabo la evaluación de vulnerabilidad correspondiente a cada una de las unidades educativas y universidades previamente mencionadas en la tabla 56. Este análisis comprendió la evaluación de la vulnerabilidad estructural, la vulnerabilidad total de la institución, y su clasificación según el riesgo global. A continuación, se detallan minuciosamente los resultados para cada institución:

### ***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.

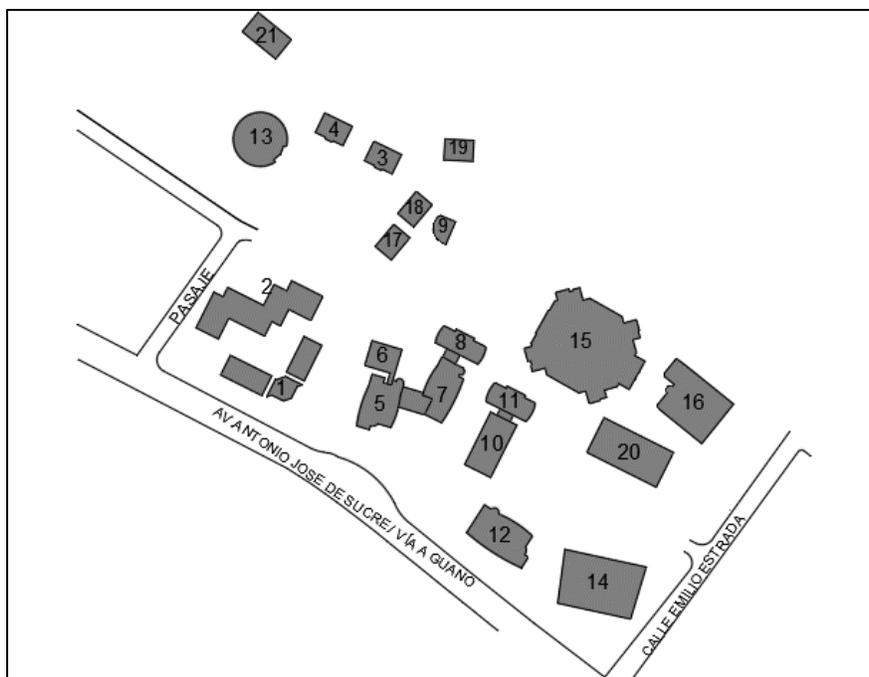
#### **Tabla 83**

##### *Datos Generales de la UNACH*

<b>Datos generales</b>			
<b>Nombre de la Unidad Educativa:</b>	UNACH		
<b>Dirección:</b>	Av. Antonio José de Sucre, Km 1,5 Vía a Guano.		
<b>Sitio de referencia:</b>	Frente al paseo shopping Riobamba.		
<b>Coordenadas:</b>	Este: 768627,4	Norte: 9889590,60	
<b>Fecha de evaluación:</b>	13 /11/2023	<b>N° de Edificios:</b>	21
<b>Cota de Construcción aproximada</b>	2820 msnm	<b>Jornada:</b>	Matutina

#### **Figura 12**

*Croquis de la Universidad Nacional de Chimborazo*



**Tabla 84**

*Descripción de los edificios de la UNACH*

Código	Dependencias y Descripción	Fotografía
# de Pisos		
<b>E1 (3)</b>	<p>(1,2,3): Bloque "A" Aulas, Laboratorios, Baterías Sanitarias.</p> <p>Construcción aproximada: 26 años.</p> <p>Estructura de hormigón armado (C3).</p> <p>Grietas verticales en fachadas, humedad localizada. Presenta esquinas reentrantes. Estado de la edificación y cubierta bueno. Accesibilidad inclusiva implementada.</p>	

---

**E2 (2)** (1,2): Bloque "B" Aulas, Laboratorios, Baterías Sanitarias.

Construcción aproximada: 26 años.

Estructura de hormigón armado (C3).

Presenta esquinas reentrantes. Estado de la edificación y cubierta bueno.

Accesibilidad Inclusiva implementada.



**E3 (2)** (1,2): Bloque "C" Aulas, Laboratorios, Baterías Sanitarias, Espacios de trabajo individual.

Construcción aproximada: 26 años.

Estructura de hormigón armado (C3).

Presenta esquinas reentrantes. Estado de la edificación y cubierta bueno.

Accesibilidad Inclusiva deficiente.



**E4 (3)** (1,2,3): Bloque "D" Aulas, Baterías Sanitarias.

Construcción aproximada: 26 años.

Estructura de hormigón armado (C3).

Estado de la edificación y cubierta bueno. Accesibilidad Inclusiva

implementada.



---

**E5 (4)** (1,2,3,4): Bloque "E" Aulas, Laboratorios, Espacios de trabajo individual, Espacios de trabajo colectivo. Construcción aproximada: 26 años. Estructura de hormigón armado (C3) y acero estructural (S3). Presenta esquinas reentrantes. Estado de la edificación y cubierta bueno. Accesibilidad Inclusiva implementada.



**E6 (2)** (1,2): Bloque "F" Aulas, Laboratorios, Espacios de trabajo individual, Espacios de trabajo colectivo. Construcción aproximada: 26 años. Estructura de hormigón armado (C3) y acero estructural (S3). Estado de la edificación y cubierta bueno. Accesibilidad Inclusiva implementada.



**E7 (4)** (1,2,3,4): Bloque "G" Aulas, Laboratorios, Baterías Sanitarias espacios de trabajo individual, espacios de trabajo colectivo. Construcción aproximada: 26 años. Estructura de hormigón armado (C3) y acero estructural (S3). Presenta

---

---

esquinas reentrantes. Grietas verticales en fachadas y en esquinas de ventanas y puertas, estado de la edificación y cubierta regular. Accesibilidad Inclusiva implementada.



**E8 (4)** (1,2,3,4): Bloque "H" Aulas, Laboratorios, Baterías Sanitarias espacios de trabajo individual, espacios de trabajo colectivo.

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.



**E9 (3)** (1,2,3): Bloque "I" Teatro, Baterías Sanitarias.

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.



**E10 (4)** (1,2,3,4): Bloque "J" Aulas, Baterías Sanitarias

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.



**E11 (4)** (1,2,3,4): Bloque "K" Aulas, Laboratorios, Baterías Sanitarias

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.

**E12 (4)** (1,2,3,4): Bloque "Administrativo"  
Espacios de trabajo individual, Espacio de docentes, Baterías Sanitarias.  
Construcción aprox. de 10 años.  
Estructura (C3). Columnas sin presencia de patologías. Estado de la edificación y cubierta muy bueno. Accesibilidad Inclusiva implementada.



**E13 (3)** (1,2,3): Edificio "DTIC" Biblioteca, Laboratorios, Baterías Sanitarias.  
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.



---

**E14 (2)** (1,2): "Auditorio" Asociación de Trabajadores, Asociación de Empleados, Aulas, baterías sanitarias.

Construcción aproximada de 10 años.

Estructura de hormigón armado (C3).

Estado de la edificación y cubierta

bueno. Accesibilidad inclusiva

implementada.



**E15 (1)** (1): "Coliseo", Baterías Sanitarias.

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.



**E16 (1)** (1): "Piscinas" Baterías sanitarias.

Construcción aproximada de 10 años.

Estructura de hormigón armado (C3) y

(S3). Estado de la edificación y cubierta

bueno. Accesibilidad Inclusiva

implementada.



**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 85**

*Vulnerabilidad Total de UNACH de Riobamba*

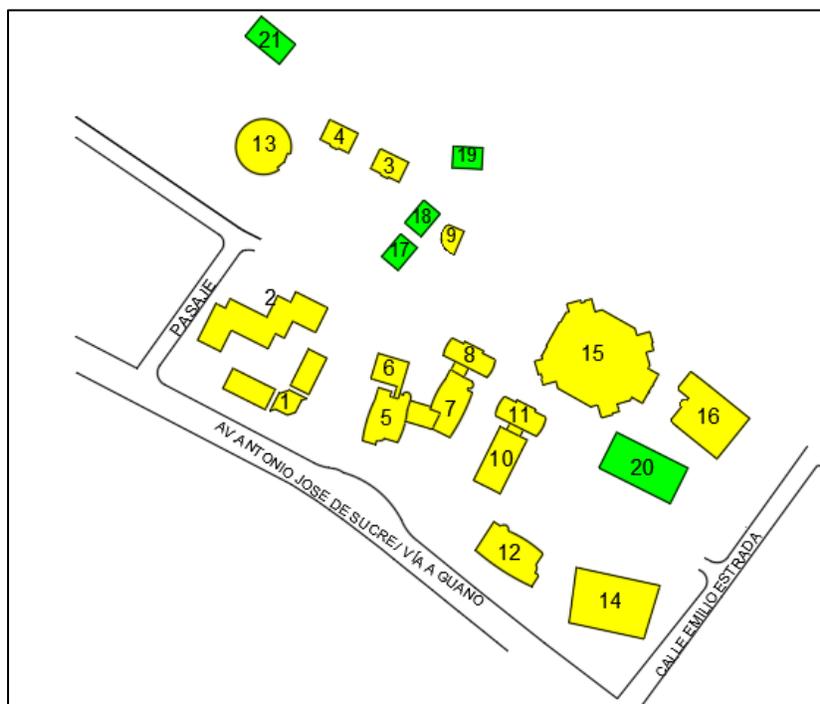
Edificio	Uso	V	Elemento de Terreno	V Total
1	Aulas	58,99	6 3,28	55,99
2	Aulas	59,00	6 3,28	
3	Aulas	58,93	6 3,27	
4	Aulas	58,93	6 3,27	
5	Aulas	59,00	6 3,28	
6	Laboratorio	59,00	6 3,28	
7	Laboratorio	59,00	6 3,28	
8	Aulas	59,00	6 3,28	

9	Aulas	59,00	Media	6	3,28
10	Aulas	59,00	Media	6	3,28
11	Aulas	59,00	Media	6	3,28
12	Oficinas	58,99	Media	6	3,28
13	Laboratorio	59,36	Media	6	3,30
14	Aula	59,11	Media	6	3,28
15	Coliseo	59,94	Media	6	3,33
16	Coliseo	59,22	Media	5	2,74
17	Bodega	58,82	Media	1	0,54
18	Bodega	34,35	Baja	1	0,32
19	Bodega	36,86	Baja	1	0,34
20	Aulas	35,29	Baja	6	1,96
21	Oficinas	22,91	Baja	4	0,85

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

**Figura 13**

*Esquema de Vulnerabilidad de la Universidad Nacional de Chimborazo*



**Nota.** La figura muestra el esquema de vulnerabilidad medio y bajo de *la Universidad Nacional de Chimborazo*.

**Tabla 86**

*Capacidad de respuesta de la Universidad Nacional de Chimborazo*

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

**Tabla 87**

*Riesgo Global de la de la Universidad Nacional de Chimborazo*

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

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

**Tabla 88**

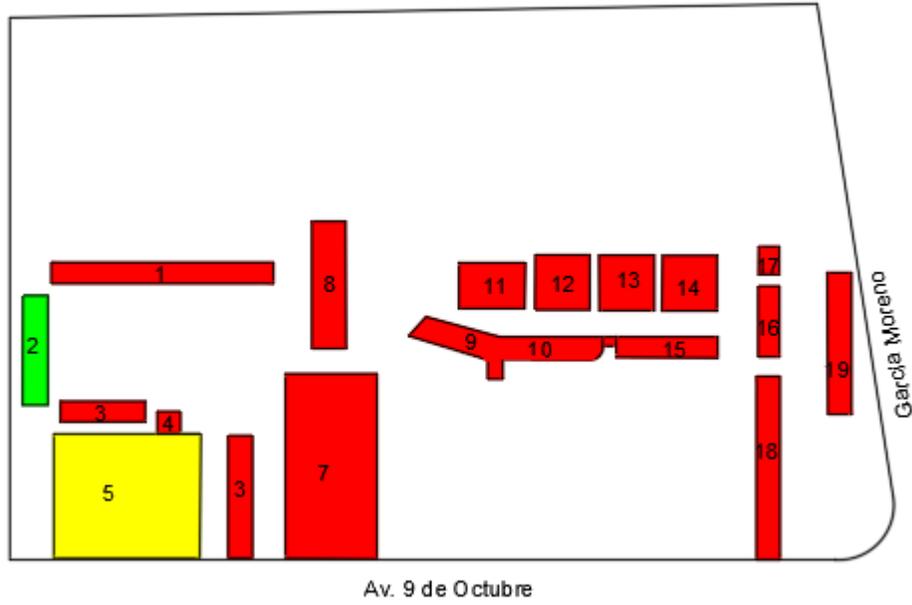
*Esquemas de Vulnerabilidad de las Edificaciones de la Unidades Educativas Publicas de Riobamba y universidades*

---

**Esquema de Vulnerabilidad**

---

**U.E "Capitán Edmundo Chiriboga"**

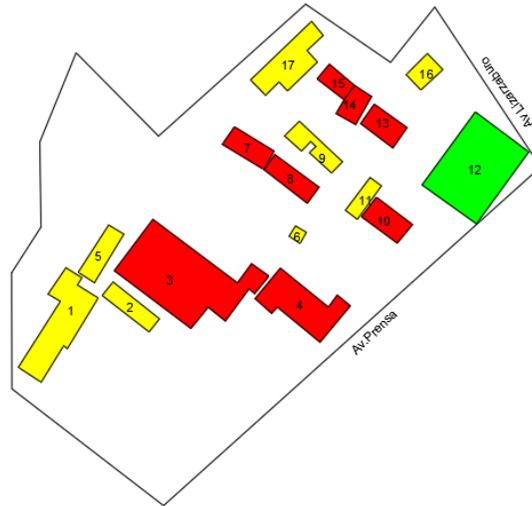


**U.E Carlos Cisneros**



**U. E Riobamba**

---



**ESPOCH – Campus completo**



---

**ESPOCH – Facultad de Administración de Empresas**

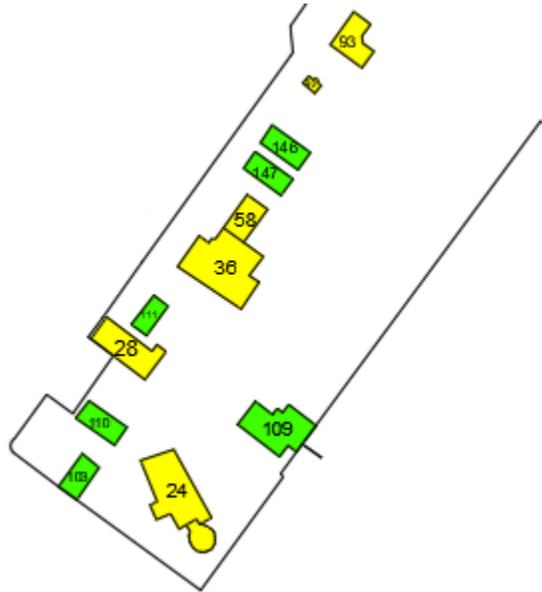


**ESPOCH – Facultad de Mecánica**

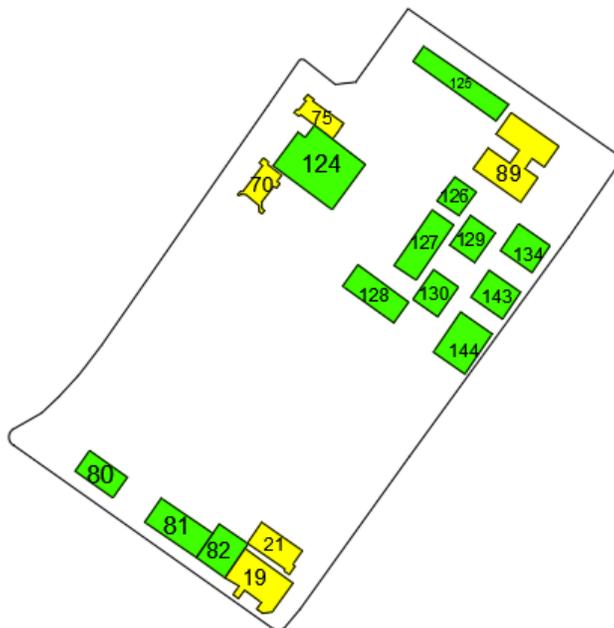


---

ESPOCH – Facultad de Informática y Electrónica

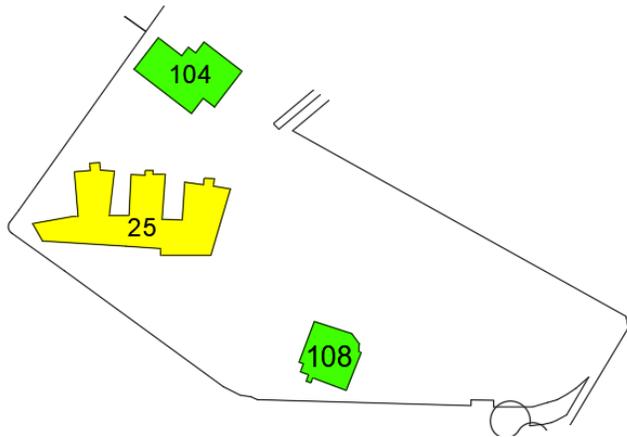


ESPOCH – Facultad de Ciencias

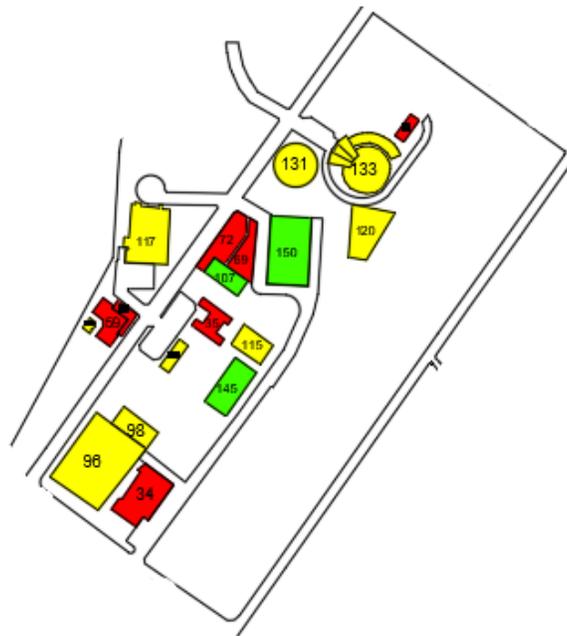


---

**ESPOCH – Facultad de Salud Pública**



**ESPOCH - Facultad de Ciencias Pecuarias**





**Tabla 90***Porcentajes de Edificaciones según su norma de construcción*

	<b>Año de Construcción</b>			
	<b>NEC 2015</b>	<b>CEC 2000</b>	<b>CEC 77</b>	<b>Sin Norma</b>
<b>N° de Edificios</b>	31	83	83	50
<b>Porcentaje</b>	12,55%	33,60%	33,60%	20,24%

**Tabla 91***Porcentajes de tipo de estructuras FEMA*

	<b>W1</b>	<b>S3</b>	<b>S5</b>	<b>C3/MX/URM</b>
<b>N° de Edificios</b>	8	19	150	70
<b>Porcentaje</b>	3,24%	7,69%	60,73%	28,34%

**Tabla 92***Porcentaje general de estado de conservación de las edificaciones*

	<b>Estado de conservación de las edificaciones</b>			
	<b>Muy bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Deficiente</b>
<b>N° de Edificios</b>	61	116	59	11
<b>Porcentaje</b>	24,70%	46,96%	23,89%	4,45%

**Tabla 93***Porcentaje general según el cumplimiento de parámetros de puertas*

<b>Puertas de salida, o de emergencia</b>				
	<b>Muy bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Deficiente</b>
<b>N° de Edificios</b>	58	104	36	49
<b>Porcentaje</b>	23,48%	42,11%	14,57%	19,84%

**Tabla 94***Porcentaje general según el cumplimiento de parámetros de ventanas*

<b>Ventanas de Vidrio Templado</b>				
	<b>Muy bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Deficiente</b>
<b>N° de Edificios</b>	64	86	44	53
<b>Porcentaje</b>	25,91%	34,82%	17,81%	21,46%

**Tabla 95***Porcentaje general según el cumplimiento de accesibilidad inclusiva*

<b>Accesibilidad inclusiva</b>				
	<b>Muy bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Deficiente</b>
<b>N° de Edificios</b>	103	77	21	46
<b>Porcentaje</b>	41,70%	31,17%	8,50%	18,62%

**Tabla 96**

*Porcentajes de categoría de Unidades educativas y Universidades según Riesgo Global*

<b>Categoría</b>		
	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>N° de Instituciones</b>	1	4
<b>Porcentaje</b>	20,00%	80,00%

**Tabla 97**

*Porcentajes de Vulnerabilidad Total de Unidades educativas y Universidades*

<b>Vulnerabilidad Total</b>			
	<b>Alta</b>	<b>Media</b>	<b>Baja</b>
<b>N° de Instituciones</b>	1	4	0
<b>Porcentaje</b>	20,00%	80,00%	0,00%

## Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones

De los resultados obtenidos de las 8 unidades educativas y 3 universidades de la ciudad de Latacunga, el 9,09% se clasificó tipo C y el 90,91% de las instituciones tipo D de acuerdo con el porcentaje de categorías indica que tienen un riesgo global alto. La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (campus Belisario Quevedo) se encuentra con un riesgo moderado alto que pertenece a la categoría tipo C, por lo que cinco edificios tienen un porcentaje de vulnerabilidad bajo y un edificio tiene vulnerabilidad media, no obstante, se debe resaltar que en esta institución no existen edificios con vulnerabilidad alta. El establecimiento educativo sobresale entre los demás debido a que sus edificios, fueron construidos durante el periodo CEC 200, es decir entre los años 2001 y 2014, con excepción de uno que pertenece al periodo CEC 77 entre los años 1977 y 2000, conforme a la información recopilada. El factor GV1 es importante dentro del grupo de vulnerabilidad debido que nos brinda información general de los edificios que fueron evaluados y se encuentran entre los 44 y 36 puntos, valores que indican que no presentan condiciones de golpeteo, adyacencia y que se clasifican como edificios fema tipo S5 por tener una estructura de acero sin refuerzo con muros de relleno de mampostería.

El análisis se realiza en 83 edificaciones de educación superior y las escuelas de nivel básico en la ciudad de Ambato; se observa que el 55% de estas instituciones evaluadas caen en la categoría de riesgo D, lo que indica un riesgo global alto, mientras que el 45% restante se encuentra en la categoría C, con un riesgo moderadamente alto. Estos resultados se atribuyen directamente al año de construcción, pues el 58% de las estructuras fueron edificadas según el código de construcción del año 2000 (CEC 2000). Destaca el caso de la unidad educativa La Providencia, la cual presenta un riesgo global alto con 65,87 puntos y una vulnerabilidad del 71,91. Este alto riesgo se debe en gran medida a su antigüedad, lo que ha provocado deterioro y patologías en los elementos estructurales principales, así como humedad en las paredes. Estos factores hacen que la institución sea altamente vulnerable ante eventos sísmicos.

En la ciudad de Riobamba 3 unidades educativas y 2 universidades se evaluaron en base a la metodología propuesta en este documento. Se obtuvo del estudio que todas las instituciones alcanzaron un nivel "Alto" en la capacidad de respuesta. En el caso de las unidades educativas, dos de ellas registraron un nivel de riesgo global alto, es decir categoría "D", mientras que solo la unidad educativa Carlos Cisneros obtuvo un nivel de riesgo global moderado, por tanto, en la categoría "C" con una calificación de 43,18. En cuanto a las universidades, todas registran un riesgo global alto y fueron categorizadas en el nivel D. Sin embargo, las características constructivas y sobre todo la cantidad de edificios varían significativamente entre ellas. La Universidad Nacional de Chimborazo UNACH cuenta con 21 edificios mientras que la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH es la institución más grande evaluada en las tres ciudades con 157 edificios, su esquema de vulnerabilidad a diferencia de las otras instituciones no es homogéneo, se evidencia una gran concentración de edificaciones como alto riesgo en la parte posterior del campus, por su antigüedad. En contraste a lo que sucede en la parte delantera, donde se encuentran los accesos principales, presentan riesgo medio y bajo, esto se debe a que estos edificios fueron construidos bajo normativas más recientes.

### **Recomendaciones**

En base a los resultados obtenidos para la ciudad de Latacunga se utilizó la guía FEMA P-1000, se destaca la necesidad de llevar a cabo investigaciones más detalladas de cada edificación. Efectuar un estudio más exhaustivo facilitará la comprensión de las condiciones de las estructuras y ello permitirá implementar medidas preventivas y correctivas para reducir la vulnerabilidad ante una catástrofe natural como la de un sismo. Esto no solo garantizara la seguridad de los estudiantes, profesores y personal administrativo de las instituciones educativas si no que se precautela la vida humana.

Para la ciudad de Ambato, después de realizar la evaluación de vulnerabilidad sísmica de las instituciones educativas, dio como resultado un índice alto de riesgo por lo que se debe realizar inspecciones más detalladas de la estructura a fin de superar los valores que sobrepasan los límites. Las

medidas de contingencia pueden incluir mejoras estructurales, refuerzos, sistemas de aislamiento sísmico, entre otros; un plan de acción debe tener a detalle las medidas de mitigación recomendadas, los plazos para su implementación y los recursos necesarios para que sea una acción integral de respuesta.

Después de realizar la evaluación de 247 edificios en la ciudad de Riobamba se destaca la importancia de complementar dichos estudios con otros más avanzados de vulnerabilidad, y de manera sectorizada. Es decir, dar seguimiento a los edificios según sus características individuales como el año de construcción, los materiales empleados y su ubicación, esto con la finalidad de implementar medidas preventivas y de mitigación más eficientes en cada institución. Con el estudio se notó que en cada institución existe diversidad de edificaciones, como es el caso de las instituciones se realizan ampliaciones necesarias para el aumento de demanda estudiantil.

## Referencias

- 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>
- Aguar 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](https://www.researchgate.net/publication/327039910_Libro_Microzonificacion_Sismica_de_Ambato)
- Aguar, R. R. A. (2014). Aceleraciones registradas y calculadas del sismo del 12 de agosto de 2014 en Quito. *Revista Ciencia*, 16(2), 139-153. [http://oa.upm.es/38899/1/INVE\\_MEM\\_2014\\_214854.pdf](http://oa.upm.es/38899/1/INVE_MEM_2014_214854.pdf). Quito.
- Aguirre, K., Andrango, S., Armijos, J., Boada, A., Díaz, J., Mejía, E., . . . Trujillo, C. (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. Quito: Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Aldana Chanataxi, C., Arrieta Lema, E., Luna Chávez, B., Morales Chacón, C., Obregón Álvarez, J., & Torres Benalcázar, E. (2022). Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades militares importantes (colegios, hospitales, aeropuertos), en el Ecuador basada en la guía FEMA P-1000, NEC-15, ASCE/SEI 41-17, ASCE/SEI 7-22 - Parte 1. Quito: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Alvarado, A. et al. (2019). Características de la deformación cortical en el Ecuador. 8th International Symposium on Andean Geodynamics. Quito.

- 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
- Araujo Velastegui, A. V. (2020). Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica en Unidades Educativas en Sangolquí, Latacunga y Portoviejo, basado en la guía FEMA P-1000. Quito.
- 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.
- 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.
- 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).

- Ballesteros, K., & Caizaguano, D. (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.
- 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](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.
- 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>
- BID. (2020). Perfil de Riesgo de Desastres por Evento Sísmico de Ecuador Banco Interamericano de Desarrollo. <http://www.iadb.org>
- 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.

- 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.
- 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.
- 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.
- Cevallos, O., & Quinatoa, J. (2022). Evolución histórica de las normativas de diseño sismo resistente en América Latina. casos de estudio: Colombia, Ecuador, Perú y Chile. Riobamba: UNACH.
- 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., 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.

- Chávez Ordóñez, B. A. (2016). EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES DE LA CIUDAD DE QUITO – ECUADOR Y RIESGO DE PÉRDIDA. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- 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](https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/Logros-SGR_finalok.pdf)
- Correa Zuñiga, C. B. (2016). Análisis Comparativo De Las Metodologías Para La Evaluación De Daños Estructurales En Edificaciones Luego De Un Evento Sísmico. [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/15572>. Sangolqui.
- Correa, M., & Machado, L. (2015). Comparación económica al diseñar edificios de hormigón armado de 7 y 14 pisos, con la NEC-11 y el CEC-2000. Quito: EPN.
- Cotopaxi, P. (03 de Julio de 2014). Prefectura de Cotopaxi Juntos contruimos la nueva historia. Obtenido de Prefectura de Cotopaxi Juntos contruimos la nueva historia: <https://www.cotopaxi.gob.ec/index.php/2015-09-20-00-13-36/2015-09-20-00-15-41/latacunga>
- 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.
- 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/>
- 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.
- 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>
- EPN. (04 de Mayo de 2016). Instituto Geofísico. Obtenido de Escuela Politécnica Nacional: <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/1324-informe-sismico-especial-n-18-2016>
- 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>
- FEMA. (2015). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook. nehrp, 154.
- 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.

- 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 nucleoelectrica Laguna Verde.
- 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).
- 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.
- 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 segun 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.
- 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.
- 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, M. (Julio de 2002). [Tesis de Doctorado, Universitat Politècnica de Catalunya]. Repositorio Institucional. . Obtenido de [Tesis de Doctorado, Universitat Politècnica de Catalunya]. Repositorio Institucional. : <https://www.tdx.cat/handle/10803/6222#page=1>
- 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>
- 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).
- Lagua, N., & Sangucho, J. (2020). DELIMITACIÓN DE ZONAS DE CANGAHUA CON SEQUÍA EN LOS CANTONES PUJILÍ Y LATACUNGA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI PARA LA CUANTIFICACIÓN DE AFECTADOS Y PROPUESTA DE RECUPERACIÓN DE SUELOS EN EL PERIODO 2019 - 2020". Latacunga: UTC.

- Lizundia, B., Durphy, S., Griffin, M., Hortacsu, A., Kehoe, B., Porter, K., & Welliver, B. (2014). Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: FEMA 154 and FEMA 155 updates. NCEE 2014 - 10th U.S. National Conference on Earthquake Engineering: Frontiers of Earthquake Engineering, January. <https://doi.org/10.4231/D3M90238V>
- 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.
- López, O., Coronel, G., & Rojas, R. (2014). Índices de priorización para la gestión del riesgo sísmico en edificaciones existente. *SCielo*, 107-126.
- 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*,
- 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., 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., 2018: An unsupervised K-means based clustering method for geophysical post-earthquake diagnosis. *2017 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)*. 1-8
- 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.
- MIDUVI. (2015). Registro Oficial N° 413. Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- MIDUVI. (2016). Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015. 185.
- 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.
- Ministers, P. o. (07 de Agosto de 2016). Civil Protection Department. Obtenido de Civil Protection Department: <https://rischi.protezionecivile.gov.it/en/seismic/activities/emergency-planning-and-damage-scenarios/seismic-vulnerability/>
- 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.
- Moncayo Theurer, M., Vargas Jiménez, J., Moncayo Velasco, G., & Barzola Zambrano, I. (2017). Análisis sobre la recurrencia de terremotos severos en Ecuador. Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- 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.
- 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.
- 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. (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., Yepes, 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.

- Ontaneda Vallejo, C. S. (2018). Estimación matemática del modelo de deformación presísmica y postsísmica 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.
- 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, T., & Ruiz, K. (2015). Análisis comparativo económico-estructural de dos sistemas constructivos: aporticado y aporticado con diafragmas, en edificios de 8 pisos, aplicando el Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC) y la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). Quito: EPN.
- P-1000, F. (2017). A Guide to Improving School Natural Hazard Safety. Federal Emergency Management Agency. Obtenido de A Guide to Improving School Natural Hazard Safety. Federal Emergency Management Agency.: [https://store.atcouncil.org/index.php?dispatch=products.view&product\\_id=307](https://store.atcouncil.org/index.php?dispatch=products.view&product_id=307)
- Padilla, J. (2021). PATRIMONIO CULTURAL INMATERIAL Y DESARROLLO TURÍSTICO EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO. Riobamba: UNACH.
- 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
- 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://redgeomática.rediris.es/redlatingeo/2015/HUMBERTO\\_PARRA\\_CARDENAS\\_V-2.pdf](http://redgeomática.rediris.es/redlatingeo/2015/HUMBERTO_PARRA_CARDENAS_V-2.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.
- Porto Quintián, J. (2005). *Manual de patologías en las estructuras de hormigón armado*. La Coruña.
- Quinde, P., & Reinoso, E. (2016). Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la Ciudad de Cuenca. *SCielo*, págs. 1-26.
- Quizhpilema Piray, A. E., & Sigcho Gordillo, M. O. (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)". Quito: Universidad Central del Ecuador.
- 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 riesgo sísmico en el Ecuador. Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- 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.
- 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>

Salazar Mondragón, L. G. (2020). ANIVERSARIO DEL TERREMOTO DEL LIMÓN.

Salazar-Arbelaez, G. (2018). Terremotos y salud: Lecciones y recomendaciones. *Salud Pública de México*, 60, S6–S15. <https://doi.org/10.21149/9445>

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.

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 de Gestión de Riesgos. (2023). “El terremoto de 1797 ha sido el más devastador de Ecuador” – Secretaría de Gestión de Riesgos. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/el-terremoto-de-1797-ha-sido-el-mas-devastador-de-ecuador/>

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). PROPUESTA DE 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.

- 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. C. (25 de Junio de 2021). ¿Qué significan las grietas en las estructuras de hormigón? <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/880210/que-significan-las-grietas-en-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>
- Stewart, D. M. (2021). EL TERREMOTO DE 1657 EN CONCEPCIÓN, CHILE. UN ANÁLOGO COLONIAL DEL TERREMOTO EN MAULE 2010.
- 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.
- 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.
- 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](https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/05/Libro2.1-Instructivo-para-elaborar-el-Diagnostico_SIGR-E.pdf)

- 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.
- 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., 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., Chunga, K., Rentería, W., Rodríguez, F., Mato, F., Nikolaou, S., Cruz D´Howitt, M., Besenzon, D., Ruiz, H., Parra, H. and Vera-Grunauer, X., 2017c: The 7.8 Mw 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., Chunga, K., Rentería, W., Rodríguez, F., Mato, F., Nikolaou, S., Cruz D´Howitt, M., Besenzon, D., Ruiz, H., Parra, H. and Vera-Grunauer, X., 2017c: The 7.8 Mw 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., 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., 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. Geological Survey & Escuela Politécnica Nacional. (2003). Mapa de Fallas y Pliegues Cuaternarias de Ecuador y Regiones Oceánicas Adyacentes.
- 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.
- 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>
- Wang, Z. (01 de Septiembre de 2009). Sesmic Hazard vs. Sesmic Risk. *Seismological Reserch Letters*, 673-674. doi:<https://doi.org/10.1785/gssrl.80.5.673>

- Winter, T., & Lavenue, A. (1989). Tectonique active en Équateur : ébauche d'une nouvelle interprétation géodynamique. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 18(1), 95–115.  
<https://doi.org/10.3406/BIFEA.1989.988>
- 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., Bertrand, G., & Jean-Lu, C. (16 de Enero de 1994). Estudio del riesgo sísmico en el Ecuador. ResearchGate, págs. 161-164.
- 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.
- 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
- Zarate, A., Mendoza, K., & Toapanta, L. (2023). Evaluación del riesgo sísmico en Ecuador mediante el uso del software R-Crisis. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo.
- 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.