



**Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica en Unidades Educativas en Sangolquí, Latacunga y Portoviejo, basado en la guía FEMA P-1000.**

Araujo Velastegui, Adrián Valentín; Barreto Guamán, Alex Fernando; Chimarro Lamar, Margarita Alejandra; Gómez Chamorro, Joselin Nataly; Sosa Demera, Kerlly Natasha y Tenesaca Pacheco, Kevin Joan.

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

24 de agosto del 2023

## Reporte de similitud de contenidos



## PROYECTO\_INTEGRACIÓN CURRICULA...

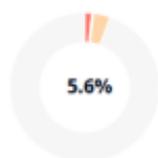
## Scan details

Scan time:  
August 25th, 2023 at 15:25 UTC

Total Pages:  
60

Total Words:  
14857

## Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
● Identical	1.5%	229
● Minor Changes	0.4%	54
● Paraphrased	3.7%	544
● Omitted Words	0%	0

## AI Content Detection



Text coverage

- AI text
- Human text



Illegale afdrukken is strafbaar.  
THEOFILOS  
TOULKERIDIS

Dr. Toulkeridis, Theofilos  
C.C: 1717885618



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 en Unidades Educativas en Sangolquí, Latacunga y Portoviejo, basado en la guía FEMA P-1000" fue realizado por los señores Araujo Velastegui, Adrián Valentín; Barreto Guamán, Alex Fernando; Chimarro Lamar, Margarita Alejandra; Gómez Chamorro, Joselin Nataly; Sosa Demera, Kerly Natasha y Tenesaca Pacheco, Kevin Joan, 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 analizada 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, 01 de septiembre de 2023



---

Dr. Toulkeridis, Theofilos

C.C: 1717885618



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

**Carrera de Ingeniería Civil**

**Responsabilidad de Autoría**

Nosotros, Araujo Velastegui, Adrián Valentín; Barreto Guamán, Alex Fernando; Chimarro Lamar, Margarita Alejandra; Gómez Chamorro, Joselin Nataly; Sosa Demera, Kerlly Natasha y Tenesaca Pacheco, Kevin Joan con cédulas de ciudadanía n° 1727357434, 1725141905, 1726434242, 1004159172, 1751573039, 1104116940, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: "Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica en Unidades Educativas en Sangolquí, Latacunga y Portoviejo, basado 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, 01 de septiembre de 2023

**Araujo Velastegui,  
Adrián Valentín  
C.C: 1727357434**

**Barreto Guamán,  
Alex Fernando  
C.C: 1725141905**

**Chimarro Lamar,  
Margarita Alejandra  
C.C: 1726434242**

**Gómez Chamorro,  
Joselin Nataly  
C.C: 1004159172**

**Sosa Demera,  
Kerlly Natasha  
C.C: 1751573039**

**Tenesaca Pacheco,  
Kevin Joan  
C.C: 1104116940**



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

**Carrera de Ingeniería Civil**

**Autorización de Publicación**

Nosotros, Araujo Velastegui, Adrián Valentín; Barreto Guamán, Alex Fernando; Chimarro Lamar, Margarita Alejandra; Gómez Chamorro, Joselin Nataly; Sosa Demera, Kerly Natasha y Tenesaca Pacheco, Kevin Joan con cédulas de ciudadanía n° 1727357434, 1725141905, 1726434242, 1004159172, 1751573039, 1104116940, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: "Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica en Unidades Educativas en Sangolquí, Latacunga y Portoviejo, basado en la guía FEMA P-1000" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 01 de septiembre de 2023

Araujo Velastegui,  
Adrián Valentín  
C.C: 1727357434

Barreto Guamán,  
Alex Fernando  
C.C: 1725141905

Chimarro Lamar,  
Margarita Alejandra  
C.C: 1726434242

Gómez Chamorro,  
Joselin Nataly  
C.C: 1004159172

Sosa Demera,  
Kerly Natasha  
C.C: 1751573039

Tenesaca Pacheco,  
Kevin Joan  
C.C: 1104116940

### **Dedicatoria**

Este trabajo va dedicado a mis padres Giovanni y Grace, por todo el apoyo que me han brindado a lo largo de este proceso, por no haberme dejado rendir a pesar de los momentos difíciles, por sus palabras de aliento y sabiduría, por impulsarme a seguir adelante, esto es por mí y por ustedes.

A mis hermanos Isaac y Emiliano por estar conmigo cuando más lo necesité, por esas palabras sabías en los momentos precisos, por el ejemplo de perseverancia y empeño, por comprenderme y ayudarme siempre.

A mi abuelito TATA que en vida siempre me apoyó y consintió, todo lo que usted hizo por mí y me enseñó siempre lo llevo conmigo, a mi abuelita Nancy, que siempre ha estado para mí y ha sabido impulsarme a siempre dar lo mejor, por sacarme muchas sonrisas y ser siempre tan generosa y comprensiva.

A todos a quienes me han impulsado a llegar a donde me encuentro ahora.

### **Adrian Araujo**

Este trabajo está dedicado a aquellas personas que me han brindado un constante estímulo para alcanzar esta meta en mi vida. Desde el inicio de este camino, mis padres han ofrecido su incansable esfuerzo y apoyo incondicional, permitiendo que hoy esté plasmando estas palabras. A mis hermanos, quienes siempre me han animado a seguir adelante, a los amigos que han compartido cada etapa de esta travesía, y a los educadores que han dedicado su empeño en mi formación como profesional. A todos aquellos que han sido parte de mi vida y han sido mis maestros en la lección del esfuerzo, les dedico el presente trabajo.

**Alex Fernando Barreto Guamán**

Dedico este trabajo a Dios por darme la oportunidad de cumplir esta tan anhelada meta y darme la fuerza y coraje para atravesar este arduo camino lleno de aprendizajes y experiencias.

A mi madre, Margarita quien día a día con su cariño, entrega y dedicación ha sido mi principal y mayor inspiración para culminar esta etapa y quien es un ejemplo de esfuerzo y valentía.

A mis hermanos Alejandro, Cristina, Carmen, Nora, Karla, Marilyn por su paciencia, cariño, apoyo y afecto durante toda mi vida.

A mis amigos Alejandro, Grace, Jess, Mateo, Papita, Miguel, Juan, Rodri, Luis, Kevin, Alex, Jeff, Cinthya, Lupita, Carlita, quienes hicieron de esta experiencia universitaria la mejor.

A la universidad que me acogió y se convirtió en mi segundo hogar en la cual tuve el honor de conocer a maravillosos docentes que con su sabiduría y profesionalismo me han guiado en este proceso de formación académica y personal.

**Margarita Chimarro**

Dedico este trabajo a Dios y a la vida por darme la fuerza y valentía para no rendirme y seguir luchando por mis sueños.

A mis padres Jaime y Robertina, a mis hermanas Vanessa, Viviana y Nayeli por su sacrificio, comprensión, apoyo incondicional, valores inculcados y palabras de aliento, que me ayudaron a superar cada situación a lo largo de esta travesía, incluso cuando parecía difícil. Gracias por no soltar mi mano.

A mi tía Mirian quien siempre estuvo al pendiente en cada etapa y en los momentos más difíciles, dándome apoyo y consejos. A mis abuelitos quienes que desde el cielo siguen cuidándome.

A mis amigas Estefanía, Kerlly, Vanessa, Camila, Jessica y amigo Josué con quienes he compartido momentos de felicidad, tristeza, locuras, nuestras llamadas infinitas de tareas, enojos, a ustedes quienes siempre creyeron en mí, no dejaron que me rindiera en los días interminables. ¡Los quiero!

**Nataly Gómez.**

Quiero dedicar este proyecto a mis hermanos, Joshua, Valeska y Chiquinkira con todo mi cariño y gratitud, su creencia en mi como ejemplo a seguir me llena de inspiración, pues deben saber lo increíblemente orgullosa que estoy de ustedes. Por seguir compartiendo una vida llena de logros, alegrías y probablemente muchas vergüenzas juntos.

A mis padres por brindarme palabras inspiradoras para cumplir mis objetivos, mostrándome siempre el camino hacia la superación.

Los amo infinitamente

**Natasha Sosa.**

A mi abuelito Florito que me cuida desde el cielo en lo alto junto a mi Jack, a mis padres y mi hermano querido Cristian, que fueron piezas fundamentales para mi crecimiento personal, enseñándome a nunca darme por vencido.

**Kevin Tenesaca**

## Agradecimiento

Agradezco a mis padres, hermanos y abuelos quienes siempre impulsado a seguir adelante y dado ánimos para continuar, sepan que fueron un pilar fundamental sin el que no habría sido posible esta meta ya propuesta hace algunos años, gracias por siempre estar.

A mi hermano Isaac, que ha sido un pilar muy grande para culminar este proceso, por enseñarme a no rendirme y siempre tener las palabras correctas para motivarme.

A mi hermano Emiliano, que siempre me ha acompañado y ayudado para crecer más como persona, que me ha enseñado a no aferrarse a lo malo, que pesar de su corta edad, es muy capaz y maduro.

A mi prima Navi, que me ha brindado su apoyo incondicional y dado ánimo para no rendirme, por estar en buenos y malos momentos.

A mis amigos Moji, Majo, Joha, Pancho, Pedro, por brindarme su amistad incondicional y muchas experiencias a lo largo de la carrera.

A Theo, nuestro tutor de tesis, quien se dio el tiempo de guiarnos y acompañarnos en la ejecución en campo del proyecto, por transmitirnos su conocimiento y apoyarnos para concluir este trabajo de la mejor manera.

A todas las personas que formaron parte de mi vida universitaria y apoyaron a la culminación de la misma. Por todo lo ya mencionado, gracias totales.

**Adrián Araujo**

Hoy quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi madre, Carmen, quien ha sido un pilar fundamental en mi camino hacia convertirme en un profesional. Las palabras no son suficientes para describir todo lo que ha hecho por mí, pero, agradezco todo el esfuerzo y dedicación que a invertido en mi bienestar, y solo puedo decir que el tiempo sería insuficiente para expresar mi gratitud por todo lo que has hecho por mí, mamita. Te amo profundamente.

A mi padre Luis que me ha sabido apoyar y darme la mano cuando lo he necesitado y que a pesar de la distancia me ha sabido alentar, muchas gracias papi por todo.

A mis queridos hermanos, Paty, Jhonny, Jenny y José, no puedo más que agradecer por su constante apoyo desde que éramos niños hasta este momento. Vuestras palabras y respaldo han sido invaluable. Muchas gracias por comprenderme y estar siempre a mi lado. Los quiero mucho, hermanos.

A mi querida amiga, Fernanda, ha sido un caso compartir contigo y fuiste la primera persona con la que hable en primer semestre, gracias por ser una buena amiga y por estar hasta el día de hoy, y a mis futuros colegas que espero sigan esforzándose Fer, Sebas, Kari y José.

A Anthony, Bryan, Kevin, Luis, Lupita, Jess, Santi, Cinthya, Jheff, Carlita, Daniela, Marco, Arnold, Ricardo, Alexander y Adrián, quiero extender mi agradecimiento por ser excelentes compañeros. Siempre han estado ahí para brindar palabras de aliento, apoyo y camaradería. Han hecho que este camino sea mucho más ameno y enriquecedor, ha sido un placer coincidir con todos y solo puedo decirles, gracias colegas.

A mis amigos de la escuela, quienes han sido parte de una amistad sólida y me han brindado valiosos consejos, como Vanessa, Pachu, Wilo, Joel y Esteban, les agradezco de corazón.

Por último, quiero agradecer a Margarita, mi compañera en este proyecto. Gracias por confiar en mí y en nuestro proceso conjunto. Tu apoyo y ayuda no solo en este proyecto, sino en otros aspectos de la vida, han sido invaluable. Te agradezco por compartir los momentos buenos y difíciles, y te deseo lo mejor en tu camino como Ingeniera.

Después del arduo camino y la conclusión de una etapa en mi vida lo único que me queda por decir es gracias, decirles a todos que estoy agradecido y soy afortunado por tener todo este apoyo y sin mas que decirles solo gracias por todo.

**Alex Fernando Barreto Guamán**

Agradezco a Dios por cada día nuevo, por iluminar mi camino y rodearme de gente excepcional.

A mi Madre Margarita Lamar, quien es un pilar fundamental en mi vida, cuyo amor, apoyo y sacrificio diario han sido la inspiración para este logro académico, Su constante aliento y compañía han sido esenciales para cada etapa de mi vida. Gracias por ser mi soporte y creer en mi incondicionalmente.

A mi hermano Alejandro que ha cuidado de mi sin importar el día o la circunstancia, quien me ha alentado a mejorar constantemente, de quien he aprendido el valor del sacrificio y quien me inspira a ser mejor para cuidar de los que amo.

A mis hermanas, empezando por Cristina que ha sido un gran soporte en mi vida y a quien admiro incalculablemente por su amabilidad, generosidad y amor a Dios. A Carmen quien ha sabido llenar mi corazón con su afecto constante y recordarme que nunca estoy sola. A Nora quien me ha enseñado que lo más importante es la familia y siempre estar presente para todos con una sonrisa, A Karla que ha sido mi soporte cotidiano y quien me ha dado ánimos en aquellos momentos de angustia. A Marilyn quien a pesar de todo a sabido quererme y cuidarme a su manera.

A cada uno de mis queridos sobrinos, quienes llenan mi vida de alegría con su inocencia, sus ocurrencias y por ser esa luz en este mundo y cuidar de mi sin siquiera darse cuenta.

A mis amigos, Alejandro, Grace, Jess y Mateo que comenzaron junto a mi este camino lleno de aventuras y a mis amigos quienes llegaron en el transcurso: Papita, Miguel, Juan, Rodri, Luis, Kevin, Alex, Jeff, Cinthya, Lupita, Carlita y Kerlly. Agradezco su amabilidad, consideración, ayuda, esfuerzo, pero más que nada su capacidad de escuchar y saber entender. Cada aspecto que he conocido de ustedes los ha convertido en personas que llevaré en mi mente y corazón toda mi vida.

A mi compañero de titulación Alex Barreto, quien ayudo a la culminación exitosa de este escrito, por su ayuda constante, paciencia y apoyo, muchas gracias.

A todos aquellos que no menciono una disculpa, y mi más grande agradecimiento por su apoyo.

**Margarita Chimarro**

Gracias a Dios por darme la oportunidad de contar con una familia luchadora, amigos increíbles y experiencias que han hecho de mí una mujer valiente y perseverante.

A mis padres y hermanas por ser el pilar fundamental de mi vida, sus valores y enseñanzas han permitido que pueda cumplir esta meta importante con orgullo, responsabilidad y dedicación.

A mi tutor de trabajo de titulación por su paciencia, tiempo y acompañamiento en este proceso. Gracias por sus buenas vibras.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por permitir formarme académicamente como Ingeniera Civil dentro de sus instalaciones, adicionalmente a mis docentes por sus aportes, enseñanzas, anécdotas de la vida laboral, cada consejo y motivación para seguir adelante.

A mis amigos por cada desvelada, llanto, locura, carcajada, entusiasmo y viajes juntos, por compartir conmigo sus especiales y diferentes personalidades. Gracias por que todo lo que hacíamos se resume en una frase: “De cabeza y sin casco”.

A la Fundación “Caritas de Esperanza” y familia Monks por su confianza, por creer en mi potencial y apoyar mis ganas de estudiar. Todo su cariño, apoyo, consejos, palabras de aliento van dando sus frutos. Inmensamente agradecida.

Para Antonio y mi equipo de trabajo por su paciencia, cariño y apoyo para poder culminar mi carrera con éxito. Gracias por inculcar en mí la lealtad, cada consejo y palabras de aliento las cuales valoro y aprecio.

A las familias Paredes y Landy Rosales por acogerme como un miembro más de su hogar, por su cuidado y motivación en este proceso. Gracias por todos los momentos y experiencias junto a ustedes.

A mis compañeros de trabajo de titulación por su comprensión y ayuda para lograr esta meta.

A mi familia por sus consejos y buenos deseos para que pudiera terminar mis estudios.

**Nataly Gómez**

Son tantas las personas a las que debo agradecer por este logro, sin embargo, debo extender un especial agradecimiento a mis padres, Vladimir y Katty, por su apoyo incondicional e infinita paciencia durante este difícil proceso. También quiero agradecer a mis hermanos, quienes siempre buscan arrancarme una sonrisa, me brindan su apoyo y me acompañan en cada una de mis locuras. Un reconocimiento especial va para mis queridos abuelos, quienes me han llenado de mimos, cariño y, sobre todo, de fe y convicción en que todo problema siempre encontrará solución.

Mi mejor amigo, Lucas, merece un lugar destacado en mis agradecimientos. Desde el inicio de esta maravillosa carrera hasta este punto casi final, hemos sido cómplices siempre tú y yo contra el mundo, rescatándonos el uno al otro en innumerables ocasiones. Mantengo mi palabra cuando digo que elegirte como mi mejor amigo ha sido una de las decisiones más acertadas que he tomado.

Vanessa, Josué, Camila, Estefanía, Nataly, chicos, sinceramente me faltan palabras para expresar cómo han transformado mi vida. De alguna manera, han salvado mi existencia con esas llamadas para hacer tareas, celebrar fechas importantes o simplemente charlar. De esos momentos han surgido frases icónicas, aunque poco éticas para ser mencionadas en un agradecimiento, pero también un sentimiento colectivo sobre lo 'feo que es ser burro'. Los amo profundamente. Margarita, mi gran amiga, confidente y compañera en trabajos, me asombra la forma en que nuestras mentes coinciden en pensamientos y acciones. Aún más increíble es que esta amistad haya florecido en el entorno en el que se desarrolló. Por último, debo agradecer a todos los docentes que han contribuido a mi formación como Ingeniera. Sus conocimientos perdurarán y se transmitirán a muchas generaciones venideras.

**Natasha Sosa.**

El principal agradecimiento a Dios por guiarme y darme fortaleza en los momentos más difíciles, a mi familia por su comprensión y su apoyo incondicional a lo largo de todos mis estudios, y a todas las personas que me ayudaron en la realización de este trabajo.

**Kevin Tenesaca**

## Índice de contenidos

Reporte de similitud de contenidos .....	2
Certificación .....	3
Responsabilidad de autoría .....	4
Autorización de publicación .....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	9
Índice de contenidos .....	16
Índice de tablas .....	20
Índice de figuras.....	25
Resumen .....	26
Abstract.....	27
Generalidades .....	28
Planteamiento del problema.....	28
Antecedentes .....	29
Objetivos.....	32
Objetivo General .....	32
Objetivos Específicos.....	32
Marco Teórico .....	33
Riesgo Sísmico.....	33
Caracterización del Riesgo Sísmico.....	33
Peligro Sísmico .....	34
Vulnerabilidad Sísmica en Ecuador .....	34
Métodos para el cálculo de la vulnerabilidad.....	35

Método analítico .....	36
Método experimental .....	36
Método empírico .....	37
Método híbrido .....	37
Parámetros del Grupo de Vulnerabilidad GV1.....	42
Parámetros del Grupo de Vulnerabilidad GV2.....	48
Parámetros del Grupo de Vulnerabilidad GV3.....	50
Vulnerabilidad Total (VT).....	53
Elemento del Terreno (E).....	53
Capacidad de Respuesta (CR).....	53
Riesgo Sísmico Global (Rs).....	54
Escuelas como un sitio seguro .....	54
Zonas de estudio .....	56
Ciudad de Sangolquí.....	56
Ciudad de Latacunga .....	59
Ciudad de Portoviejo.....	62
Metodología.....	67
Puntaje Base .....	68
Parámetros del Grupo de Vulnerabilidad GV1 .....	69
Número de Pisos .....	69
Tipo de edificio FEMA .....	70
Condición de Golpeteo.....	71
Condición de adyacencia.....	71
Tipo de perfil de suelo.....	72

Parámetros del Grupo de Vulnerabilidad GV2 .....	73
Relación Largo Ancho .....	73
Irregularidad en Planta .....	74
Irregularidad en Elevación .....	74
Ampliación Vertical u Horizontal .....	75
Patologías en Vigas .....	77
Patologías en Columnas .....	77
Patologías en Losas .....	78
Patologías en Paredes .....	79
Parámetros del Grupo de Vulnerabilidad GV3 .....	79
Elementos no estructurales Interiores .....	80
Estado de conservación de la Edificación .....	81
Estado de conservación de la Cubierta .....	81
Puertas de Salida o de Emergencia .....	82
Ventanas .....	82
Accesibilidad Inclusiva .....	83
Cálculo de vulnerabilidad total .....	83
Elemento del Terreno (E) .....	83
Vulnerabilidad Total (VT) .....	84
Determinación del riesgo global .....	85
Capacidad de Respuesta (CR) .....	85
Nivel de Exposición a la amenaza (NE) .....	86
Riesgo Global (Rg) .....	87
Casos de estudio .....	88

Ciudad de Sangolquí.....	88
Instituciones educativas seleccionadas .....	88
Ejemplo de escuela evaluada .....	91
Ciudad de Latacunga .....	115
Instituciones educativas seleccionadas .....	115
Portoviejo.....	116
Instituciones educativas seleccionadas .....	116
Resultados.....	119
Ciudad de Sangolquí.....	119
Unidad Educativa Oswaldo Guayasamín .....	119
Ciudad de Latacunga .....	139
Unidad educativa Victoria Vásconez Cuvi – Simón Bolívar – Elvira Ortega .....	139
Ciudad de Portoviejo.....	160
Unidad Educativa Fiscal Portoviejo.....	160
Conclusiones y recomendaciones .....	174
Conclusiones .....	174
Recomendaciones.....	176
Referencias.....	178
Apéndices .....	188

### Índice de tablas

Tabla 1 <i>Tipos de Edificaciones FEMA</i> .....	43
Tabla 2 <i>Formaciones geológicas</i> .....	57
Tabla 3 <i>Fallas Geológicas que afectan Sangolquí</i> .....	58
Tabla 4 <i>Factor Z, Sangolquí</i> .....	58
Tabla 5 <i>Clasificación de los materiales geológicos en la ciudad de Portoviejo.</i> .....	64
Tabla 6 <i>Grados de vulnerabilidad para categorización de edificios.</i> .....	68
Tabla 7 <i>Puntajes base según el Año de Construcción.</i> .....	69
Tabla 8 <i>Grado de vulnerabilidad por número de pisos</i> .....	70
Tabla 9 <i>Grado de Vulnerabilidad de Tipos de Edificaciones FEMA.</i> .....	70
Tabla 10 <i>Grado de Vulnerabilidad por Golpeteo.</i> .....	71
Tabla 11 <i>Grado de Vulnerabilidad por Adyacencia.</i> .....	72
Tabla 12 <i>Grado de Vulnerabilidad por Tipo de Perfil de Suelo.</i> .....	72
Tabla 13 <i>Grado de vulnerabilidad por Relación Largo/Ancho.</i> .....	73
Tabla 14 <i>Grado de Vulnerabilidad por Irregularidad en Planta.</i> .....	74
Tabla 15 <i>Grado de Vulnerabilidad por Irregularidad en Elevación.</i> .....	75
Tabla 16 <i>Grado de Vulnerabilidad por Ampliaciones Verticales.</i> .....	76
Tabla 17 <i>Grado de Vulnerabilidad por Ampliaciones Horizontales.</i> .....	76
Tabla 18 <i>Grado de vulnerabilidad por Patologías en Vigas.</i> .....	77
Tabla 19 <i>Grado de Vulnerabilidad por Patologías en Columnas.</i> .....	78
Tabla 20 <i>Grado de Vulnerabilidad por grietas en Losas de Entepiso y Cubiertas Planas.</i> .....	78
Tabla 21 <i>Grado de Vulnerabilidad por Patologías en Paredes.</i> .....	79
Tabla 22 <i>Grado de Vulnerabilidad de elementos no estructurales exteriores</i> .....	80
Tabla 23 <i>Grado de Vulnerabilidad de elementos no estructurales interiores</i> .....	80

Tabla 24 <i>Grado de Vulnerabilidad por Estado de conservación de la Edificación.</i> .....	81
Tabla 25 <i>Grado de Vulnerabilidad por Estado de conservación de la Cubierta.</i> .....	81
Tabla 26 <i>Grado de Vulnerabilidad en Puertas de Salida o de Emergencia.</i> .....	82
Tabla 27 <i>Grado de Vulnerabilidad por Ventanas</i> .....	82
Tabla 28 <i>Grado de Vulnerabilidad por Ventanas</i> .....	83
Tabla 29 <i>Importancia de edificación según elemento del terreno</i> .....	84
Tabla 30 <i>Grados de capacidad de respuesta</i> .....	85
Tabla 31 <i>Grado de Capacidad de Respuesta</i> .....	86
Tabla 32 <i>Nivel de exposición a la Amenaza</i> .....	87
Tabla 33 <i>Unidades Educativas seleccionadas en Sangolquí</i> .....	88
Tabla 34 <i>Año de construcción (Puntaje Base)</i> .....	92
Tabla 35 <i>Número de pisos (GV1)</i> .....	92
Tabla 36 <i>Tipo de edificio FEMA (GV1)</i> .....	93
Tabla 37 <i>Condición de golpeteo (GV1)</i> .....	93
Tabla 38 <i>Condición de adyacencia (GV1)</i> .....	94
Tabla 39 <i>Tipo de perfil de suelo (GV1)</i> .....	94
Tabla 40 <i>Puntaje GV1</i> .....	95
Tabla 41 <i>Relación largo ancho (GV2)</i> .....	95
Tabla 42 <i>Irregularidad en planta (GV2)</i> .....	96
Tabla 43 <i>Irregularidad en elevación GV2</i> .....	97
Tabla 44 <i>Ampliaciones verticales (GV2)</i> .....	97
Tabla 45 <i>Ampliaciones verticales (GV2)</i> .....	98
Tabla 46 <i>Patologías en vigas, columnas y losas (GV2)</i> .....	99
Tabla 47 <i>Patologías en paredes (GV2)</i> .....	100

Tabla 48 <i>Puntaje GV2</i> .....	101
Tabla 49 <i>Elementos no estructurales exteriores (GV3)</i> .....	101
Tabla 50 <i>Elementos no estructurales interiores (GV3)</i> .....	102
Tabla 51 <i>Estado de conservación de la edificación (GV3)</i> .....	103
Tabla 52 <i>Estado de conservación de cubiertas (GV3)</i> .....	103
Tabla 53 <i>Puertas de salida o de emergencia (GV3)</i> .....	104
Tabla 54 <i>Ventanas (GV3)</i> .....	104
Tabla 55 <i>Accesibilidad inclusiva (GV3)</i> .....	105
Tabla 56 <i>Puntaje GV3</i> .....	105
Tabla 57 <i>Formulario Coeficiente de respuesta</i> .....	107
Tabla 58 <i>Cálculo del Coeficiente de respuesta</i> .....	114
Tabla 59 <i>Unidades Educativas evaluadas</i> .....	115
Tabla 60 <i>Unidades Educativas Evaluadas en Portoviejo</i> .....	117
Tabla 61 <i>Datos Generales "U.E. Oswaldo Guayasamín"</i> .....	119
Tabla 62 <i>Descripción de los edificios de la U.E. Oswaldo Guayasamín</i> .....	120
Tabla 63 <i>Descripción de los edificios de la U.E Oswaldo Guayasamín</i> .....	124
Tabla 64 <i>Capacidad de respuesta "U.E. Oswaldo Guayasamín"</i> .....	125
Tabla 65 <i>Riesgo global de la U.E. Oswaldo Guayasamín</i> .....	126
Tabla 66 <i>Resultados de escuelas evaluadas en Sangolquí</i> .....	126
Tabla 67 <i>Esquemas de vulnerabilidad de las edificaciones de las U.E. Sangolquí</i> .....	129
Tabla 68 <i>Año de construcción de edificaciones en Sangolquí</i> .....	137
Tabla 69 <i>Porcentaje de tipo de estructura FEMA en Sangolquí</i> .....	137
Tabla 70 <i>Estado de conservación de edificaciones en Sangolquí</i> .....	138
Tabla 71 <i>Puertas de salida o emergencia de edificaciones en Sangolquí</i> .....	138

Tabla 72 <i>Ventanas de edificaciones en Sangolquí</i> .....	138
Tabla 73 <i>Accesibilidad inclusiva de edificaciones en Sangolquí</i> .....	139
Tabla 74 <i>Categoría de riesgo global en instituciones de Sangolquí</i> .....	139
Tabla 75 <i>Datos Generales de la U.E. Victoria Vásconez Cuvi – Simón Bolívar – Elvira Ortega</i> ....	140
Tabla 76 <i>Descripción de los edificios de la U.E. Victoria Vascones Cuvi - Simón Bolívar - Elvira Ortega</i> .....	141
Tabla 77 <i>Vulnerabilidad Total de la U.E. Victoria Vascones Covi - Simón Bolívar - Elvira Ortega</i>	151
Tabla 78 <i>Capacidad de respuesta de la U.E. Victoria Vascones Cuvi - Simón Bolívar - Elvira Ortega</i> .....	153
Tabla 79 <i>Riesgo global de la U.E. Victoria Vascones Cuvi - Simón Bolívar - Elvira Ortega</i> .....	154
Tabla 80 <i>Esquemas de vulnerabilidad de las edificaciones de las U.E.</i> .....	154
Tabla 81 <i>Resultados de las escuelas evaluadas en la ciudad de Latacunga</i> .....	157
Tabla 82 <i>Porcentajes de Edificaciones según su norma de construcción</i> .....	158
Tabla 83 <i>Porcentajes de tipo de estructuras</i> .....	159
Tabla 84 <i>Porcentajes de estado de conservación general de las edificaciones</i> .....	159
Tabla 85 <i>Porcentajes de las Unidades Educativas según el cumplimiento de parámetros de puertas y ventanas</i> .....	159
Tabla 86 <i>Porcentajes de las Unidades Educativas según el cumplimiento de accesibilidad inclusiva</i> .....	160
Tabla 87 <i>Porcentajes de categoría de Unidades educativas según Riesgo Global</i> .....	160
Tabla 88 <i>Datos Generales de la U.E Fiscal Portoviejo</i> .....	161
Tabla 89 <i>Descripción de los edificios de la U.E Fiscal Portoviejo</i> .....	162
Tabla 90 <i>Vulnerabilidad Total de la U.E. Fiscal Portoviejo</i> .....	166
Tabla 91 <i>Capacidad de respuesta de la U.E. Fiscal Portoviejo</i> .....	168

Tabla 92 <i>Riesgo Global de la de la U.E. Fiscal Portoviejo</i> .....	168
Tabla 93 <i>Esquemas de Vulnerabilidad de las Edificaciones de la U.E. Fiscal Portoviejo</i> .....	169
Tabla 94 <i>Resultados de las escuelas evaluadas en la ciudad de Portoviejo</i> .....	171
Tabla 95 <i>Porcentajes de Edificaciones según su norma de construcción</i> .....	172
Tabla 96 <i>Porcentajes de tipo de estructuras</i> .....	172
Tabla 97 <i>Porcentajes de estado de conservación general de las edificaciones</i> .....	172
Tabla 98 <i>Porcentajes de las U.E según el cumplimiento de parámetros de puertas y ventanas</i> .	173
Tabla 99 <i>Porcentajes de las U.E. según el cumplimiento de accesibilidad inclusiva</i> .....	173
Tabla 100 <i>Porcentajes de categoría de Unidades educativas según Riesgo Global</i> .....	173

## Índice de figuras

Figura 1 <i>Zonas sísmicas del Ecuador.</i> .....	35
Figura 2 <i>Ubicación geográfica de Sangolquí.</i> .....	56
Figura 3 <i>Ubicación Geográfica de Latacunga.</i> .....	59
Figura 4 <i>Mapa de Fallas y Pliegues Cuaternarias de Ecuador y Regiones Oceánicas Adyacentes</i>	61
Figura 5 <i>Ubicación Geográfica de Portoviejo.</i> .....	62
Figura 6 <i>Mapa Geológico Local de la ciudad de Portoviejo.</i> .....	63
Figura 7 <i>Mapa de las fallas cercanas a la ciudad de Portoviejo.</i> .....	65
Figura 8 <i>Flujograma de Evaluación de Vulnerabilidad de Edificios.</i> .....	67
Figura 9 <i>Mapa de escuelas seleccionadas en Sangolquí</i> .....	91
Figura 10 <i>Grado de Vulnerabilidad</i> .....	106
Figura 11 <i>Instituciones educativas Evaluadas en Latacunga</i> .....	116
Figura 12 <i>Unidades Educativas Evaluadas en Portoviejo</i> .....	118
Figura 13 <i>Esquema "U.E. Oswaldo Guayasamín"</i> .....	124
Figura 14 <i>Esquema de vulnerabilidad "U.E. Oswaldo Guayasamín"</i> .....	125
Figura 15 <i>Croquis de la U.E. Victoria Vascones Cuvi - Simón Bolívar - Elvira Ortega</i> .....	141
Figura 16 <i>Esquema de Vulnerabilidad de la U.E. Victoria Vascones Cuvi - Simón Bolívar - Elvira Ortega</i> .....	153
Figura 17 <i>Croquis de la Unidad Educativa Fiscal Portoviejo.</i> .....	161
Figura 18 <i>Esquema de Vulnerabilidad de la Unidad Educativa Fiscal Portoviejo</i> .....	167

## Resumen

El presente estudio recae sobre el manejo y adaptación de la guía FEMA P-1000 cuyo fin es garantizar la seguridad y el bienestar en escuelas y unidades educativas de distintas parroquias del Ecuador frente a desastres de origen natural, concentrándose en el grado de vulnerabilidad sísmica que presentan distintas edificaciones. Es fundamental conocer el riesgo que representa no tener adecuados planes de evacuación en caso de catástrofes, por lo que una correcta evaluación de la infraestructura de las distintas unidades educativas facilitará disminuir daños humanos y materiales. Para lo mencionado se tendrá en cuenta parámetros que pueden ser apreciados a simple vista pero que tienen un comportamiento no deseado al ocurrir un sismo de gran magnitud. Es de suma importancia tener en cuenta el rango de año de construcción de cada edificación, su tipo de suelo, además de elementos como vigas, columnas, mampostería las cuales se encuentran puntuadas al aplicar la guía FEMA P-1000.

Esta guía fue utilizada y aplicada en tres ubicaciones de gran importancia por su zonificación y tipo de suelo en la que se encuentran, en Sangolquí se realizó el análisis en 53 unidades educativas, a diferencia que en Latacunga y Portoviejo en donde el estudio fue en las 15 instituciones más pobladas.

Con la obtención de cada uno de los resultados del estudio realizado de vulnerabilidad sísmica se categorizó a cada una de las unidades educativas y se realizó el cálculo del nivel de riesgo en el cual se encuentran, demostrando así que tantas deficiencias en porcentaje poseen ciertas estructuras en cuanto al cumplimiento de los parámetros de la guía FEMA P-1000.

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

### **Abstract**

The current study belongs to the management and adaptation of the FEMA P-1000 guide whose purpose is to guarantee the safety and well-being in schools and educational units of different parishes of Ecuador towards natural disasters, focused on the degree of seismic vulnerability different buildings may have. It is essential to know the risk represented by not having adequate evacuation plans in the event of catastrophes, so that a correct evaluation of the infrastructure of the different educational units will facilitate reducing human and material damage. For the aforementioned, parameters that can be seen with the naked eye but that have undesired behavior when a large-magnitude earthquake occurs will be considered. It is extremely important to take into account the range of years of construction of each building, its type of soil, as well as elements such as beams, columns, masonry which are scored when applying the FEMA P-1000 guide.

This guide was used and applied in three locations of great importance due to their zoning and type of soil in which they are located. In Sangolquí, the analysis was conducted in 53 educational units, unlike in Latacunga and Portoviejo where the study was performed in the 15 most populated institutions.

With the obtaining of each of the results of the study applied on seismic vulnerability, each of the educational units was categorized and the level of risk in which they are calculated was realized, thus demonstrating that so many deficiencies in percentage have certain structures in regarding compliance with the parameters of the FEMA P-1000 guide.

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

## Generalidades

### *Planteamiento del problema*

Los desastres de origen natural a lo largo de la historia han provocado en múltiples ocasiones catástrofes de gran magnitud donde la parte económica y social han sido afectadas de manera severa, dejando a veces una gran cantidad de víctimas mortales (Coburn & Spence, 2002; Day et al., 2012; Toulkeridis, 2015). Estos fenómenos inesperados han generado una mayor conciencia, lo cual llevó a la elaboración de normas y leyes que deben garantizar la estabilidad y seguridad de diversas estructuras (Levin et al. 1998; Batty et al., 2012; Salcedo et al., 2022; Padilla Almeida et al., 2022). Lamentablemente los seres humanos han tenido que experimentar daños materiales a lo largo de la historia y pérdidas de vidas hasta tomar medidas drásticas y evitar lo mencionado a futuro en la repetición de procesos naturales recurrentes en forma de desastres (Ellsworth, 1995; Ellsworth et al., 1999; Celorio-Saltos et al., 2018).

El Ecuador, dada su posición geográfica y geodinámica, se encuentra en un margen continental activo dentro de la región conocida como el “Cinturón de Fuego del Pacífico”, la cual es una extensa área que se caracteriza por su sismicidad y presencia de cadenas de arcos volcánicos (Barazangi & Isacks, 1976; Cahill & Isacks, 1992; Lonsdale, 2005; Chunga & Toulkeridis, 2014; Toulkeridis et al., 2007). Estos fenómenos alrededor del Pacífico engloban una variedad de países, incluyendo el Ecuador, los cuales sufren de actividad geológica frecuente, devastadores terremotos, así como también de actividades volcánicas debido a la convergencia de diversas placas tectónicas (Toulkeridis et al., 2017; Toulkeridis et al., 2019; Avilés-Campoverde et al., 2020; Mato & Toulkeridis, 2017; Chunga et al., 2017). Todos estos factores aportan a considerar al territorio ecuatoriano como testigo de una actividad sísmica constante, siendo la interacción de la placa oceánica de Nazca con las placas continentales Caribeña y Sudamericana, debido a un proceso de subducción ortogonal (Gailler et al., 2007; Kanamori & McNally, 1982). Este proceso subyacente en la geología local se traduce en desplazamientos regulares de

alrededor de 7 centímetros por año en la dirección este-noreste, contribuyendo significativamente a la configuración única de la región (Navas et al., 2018; Ortiz-Hernández et al., 2022; Suárez-Acosta et al., 2021; Toulkeridis et al., 2021; Toulkeridis et al., 2018). Esta situación, por su naturaleza, implica desafíos considerables en términos de riesgo sísmico (Ballesteros & Caizaguano, 2020). De hecho, el Ecuador se encuentra entre los países más activos sísmicamente a nivel global. (Duque Edwin et al., 2018).

### **Antecedentes**

En los registros históricos sobre fenómenos naturales que provocaron desastres que marcaron un antes y después en una era podemos encontrar un acontecimiento de gran relevancia el 12 de enero de 2010, cuando un terremoto de magnitud 7.1 en la escala de Richter sacudió Haití, sumiendo toda su capital en destrucción, además, una cifra dolorosa de 200 000 pérdidas humanas (Bilham, 2010). Debido a la fuerza del sismo el resultado fue el derrumbe de edificaciones y una capital en ruinas. También se vio comprometida la integridad estructural del Centro de Comando de la Misión de Estabilización de las Naciones Unidas (Minustah), retirando la dirección de las operaciones de las manos de la coalición multinacional que operaba en el país. Al observar las consecuencias de este episodio se evidenció la frágil infraestructura y lenta capacidad de respuesta ante desastres naturales de Haití, destacando la necesidad de implementar medidas de prevención y mitigación de daños previo a la ocurrencia de los mismos. (Duran, 2010).

El 19 de septiembre de 1985, Ciudad de México fue sacudida por un fuerte terremoto que dejó consigo un rastro de desolación (Rosenblueth & Meli, 1986). Las consecuencias se manifestaron tanto en daños materiales significativos como en el impacto emocional que se arraigaría en la población. Tres décadas después, el 19 de septiembre de 2017, la capital del país se vio nuevamente afectada por otro terremoto de XX reviviendo dolorosos recuerdos del pasado, aun no tan severos como en el 1985. Los medios de comunicación del país tomando en cuenta estos dos fenómenos se convirtió en un vehículo para que la sociedad reflexione acerca de las similitudes y diferencias entre ambos eventos sísmicos

cruciales en la historia del país. Este proceso subraya la importancia de acciones gubernamentales que sirvan de prevención ante este tipo de desastres repentinos. (Montaño, 2018).

Es importante mencionar que el sismo en 1985 tuvo ocurrencia en horas de la mañana y alcanzó una magnitud de 8.1 en la escala de Richter. Esta sacudida fue una combinación de movimientos trepidatorios y oscilatorios, emanando su epicentro desde las costas de Michoacán y Guerrero, regiones que también enfrentaron la devastadora fuerza de este fenómeno natural. Durante 120 segundos, la tierra experimentó un estremecimiento cuya intensidad era desconocida para sus habitantes en ese momento. (SSN-UNAM, 2018).

El 27 de febrero de 2010, un fuerte movimiento telúrico de magnitud 8,8 en la escala de Richter golpeó la región central y sur de Chile, marcando uno de los seis terremotos más poderosos y destructivos registrados instrumentalmente en todo el mundo (Elnashai et al., 2010). El sismo provocó un desastre de dimensiones gigantescas, aterrador. Todo ocurrió de noche, a oscuras. Luego, alrededor de 30 minutos de ocurrir la catástrofe, múltiples áreas costeras experimentaron una serie de tsunamis, exacerbando la devastación, la pérdida de vidas y el estado de pánico generalizado. El epicentro de esta crisis se localizó en la provincia de Ñuble, en la Región de Bío Bío, emergiendo desde las profundidades marinas a doce kilómetros de la costa de Cobquecura. Su impacto se extendió por varias zonas de Sudamérica y afectó a 6 regiones chilenas en particular que albergan al 80 por ciento de la población total del país. Una vez más se resalta la necesidad de estrategias de mitigación y preparación ante tales crisis. (Quezada, 2011).

El 3 de agosto de 2014, en la región de China, específicamente a 23 kilómetros al suroeste de la ciudad de Ludian, en el condado de Zhaotong, una catástrofe sísmica de magnitud 6,5 en la escala de Richter sacudió la zona, dejando una profunda huella de destrucción en su camino (Xu et al., 2014). Este terremoto desencadenó una serie de acontecimientos que tuvieron un impacto devastador en la vida de miles de personas y en la infraestructura de la región. El evento sísmico tuvo como consecuencia el colapso de alrededor de 11.500 viviendas, lo que resultó en la pérdida de hogar para un gran número de familias.

Adicionalmente, se reportaron daños significativos en más de 30.000 estructuras, que incluyeron edificaciones residenciales, comerciales e infraestructura pública. Estos daños afectaron negativamente la funcionalidad de la comunidad y la vida diaria de los habitantes de la región. Un elemento adicional de la tragedia fue la interrupción de las comunicaciones en toda la provincia por un período que superó las 48 horas. Esta desconexión comunicacional agravó la situación, dificultando la coordinación de la ayuda y la comunicación con las áreas afectadas. La falta de comunicación también afectó la capacidad de las autoridades para evaluar rápidamente el alcance de los daños y coordinar la respuesta de emergencia.(Europapress, 2014).

Entre el siglo pasado y el actual, Ecuador ha experimentado una serie de sismos con potencial destructivo, muchos de los cuales han ocasionado daños considerables. Estos eventos sísmicos han estado vinculados principalmente a las fallas presentes en la placa sudamericana. Entre los más notables por su magnitud, destaca el terremoto de Esmeraldas de 1906, que alcanzó una magnitud de 8,8 Ms (Magnitud de ondas Superficiales) (Ioualalen et al., 2011; Pararas-Carayannis, 2012; Medina et al., 2016; Matheus-Medina et al., 2018; Toulkeridis et al., 2021; Toulkeridis et al., 2017). El sismo de Ambato ocurrido el 5 de agosto de 1949 con una magnitud de 6,8 ML (Richter) en la escala de magnitud local, y el terremoto de Bahía de Caráquez en 1997, que registró una magnitud de 7,2 Mw (Magnitud de momento sísmico) (Mendoza & Dewey, 1984; Sennson, & Beck, 1996; Graindorge et al., 2004). Sin embargo, uno de los eventos más recientes de relevancia fue el sismo que afectó a Manabí y Esmeraldas el 16 de abril de 2016 (Toulkeridis et al., 2017). Con una magnitud de 7,8 Mw (Magnitud de momento sísmico), este terremoto tuvo un impacto significativo, resultando en la pérdida de vidas y daños económicos sustanciales. Este acontecimiento expuso las deficiencias en el ámbito constructivo del país, especialmente en lo que respecta al diseño de estructuras sismo resistentes. Se observó una marcada presencia de construcciones ilegales que carecían de las medidas adecuadas para enfrentar zonas de alta vulnerabilidad sísmica. La

falta del cumplimiento y la alta tasa de construcciones irregulares han demostrado lo crucial de tener un mayor control en cuanto a estos. (Quinde Martínez & Angulo, 2016).

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Realizar la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de Unidades Educativas en el Ecuador tomando como referencia a la guía “FEMA P-1000”.

### ***Objetivos Específicos***

- Evaluar el grado de vulnerabilidad sísmica en unidades educativas de Sangolquí
- Evaluar el grado de vulnerabilidad sísmica en unidades educativas de Latacunga
- Evaluar el grado de vulnerabilidad sísmica en unidades educativas de Portoviejo
- Identificar y determinar el grado de vulnerabilidad y riesgo global correspondiente a cada una de las unidades educativas
- Establecer comparaciones entre los resultados obtenidos.

## Marco Teórico

### Riesgo Sísmico

El riesgo se define como las potenciales ramificaciones económicas, sociales y ambientales que pueden derivarse de un fenómeno peligroso en un determinado lapso temporal. En este contexto, el riesgo sísmico se refiere a las implicaciones resultantes de un eventual movimiento telúrico. A pesar de que actualmente se cuenta con una normativa vigente que brinda valores de peligrosidad sísmica en las distintas regiones del Ecuador, se reconoce que este es un proceso dinámico que puede ser más preciso al incorporar datos sísmicos más recientes. Para lograr este objetivo, un análisis de peligrosidad sísmica con enfoques probabilísticos ha sido llevado a cabo. Este análisis se basa en la actualización de fuentes sismogénicas identificadas en el país. La revisión de estos datos en la última década ha permitido crear dos subfuentes sísmicas en Manabí y Esmeraldas. (Mendoza Cargua & Toapanta Ramírez, 2023).

### Caracterización del Riesgo Sísmico

En la tarea de abordar el análisis del riesgo sísmico, se emplean dos enfoques distintos, el uniparamétrico y el multiparamétrico, según las particularidades del proyecto y los objetivos de los investigadores. El método uniparamétrico, tal como sugiere su nombre, busca cuantificar la amenaza sísmica mediante un único parámetro o índice, generalmente relacionado con la intensidad macro sísmica, que abarca diferentes grados de daño, desde la ausencia de daño hasta niveles más significativos. La escala macro sísmica es una herramienta que mide la capacidad destructiva de un terremoto. Este enfoque también es conocido como Índice de Vulnerabilidad (MIV).

En contraste, el método multiparamétrico se basa en la utilización de múltiples parámetros para evaluar la acción sísmica. Sin embargo, es importante destacar que este método no es adecuado para zonas con datos limitados de aceleración o para aquellas con una alta variabilidad en las características estructurales.

Una de las formas más comunes de implementar un enfoque multiparamétrico es a través de consideraciones espectrales. Esto implica el uso de espectros de demanda y espectros de capacidad para evaluar la capacidad sísmica de las estructuras. El método multiparamétrico se basa en la clasificación en cuatro estados distintos de no daño.

En el contexto de nuestro proyecto en curso, hemos tomado la decisión de emplear el método uniparamétrico en conjunto con el índice de vulnerabilidad. Este enfoque nos permitirá caracterizar de manera efectiva y detallada el riesgo sísmico en juego, de acuerdo con los objetivos específicos de nuestra investigación. (Cabrera et al., 2023).

### **Peligro Sísmico**

De acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) 2015, la peligrosidad sísmica se define como la probabilidad de que, en un período de tiempo específico y dentro de una región determinada, se presenten movimientos del suelo que excedan ciertos parámetros como aceleración, velocidad, desplazamiento, magnitud o intensidad. Estos parámetros establecen la base para evaluar la potencialidad de un sismo en una determinada área y enmarcan una serie de variables que categorizan su nivel de riesgo en bajo, medio o alto. Estos indicadores son cruciales para determinar la susceptibilidad a colapsos y sientan las bases para comprender la ocurrencia de eventos sísmicos en un entorno específico. (Marcillo, 2019).

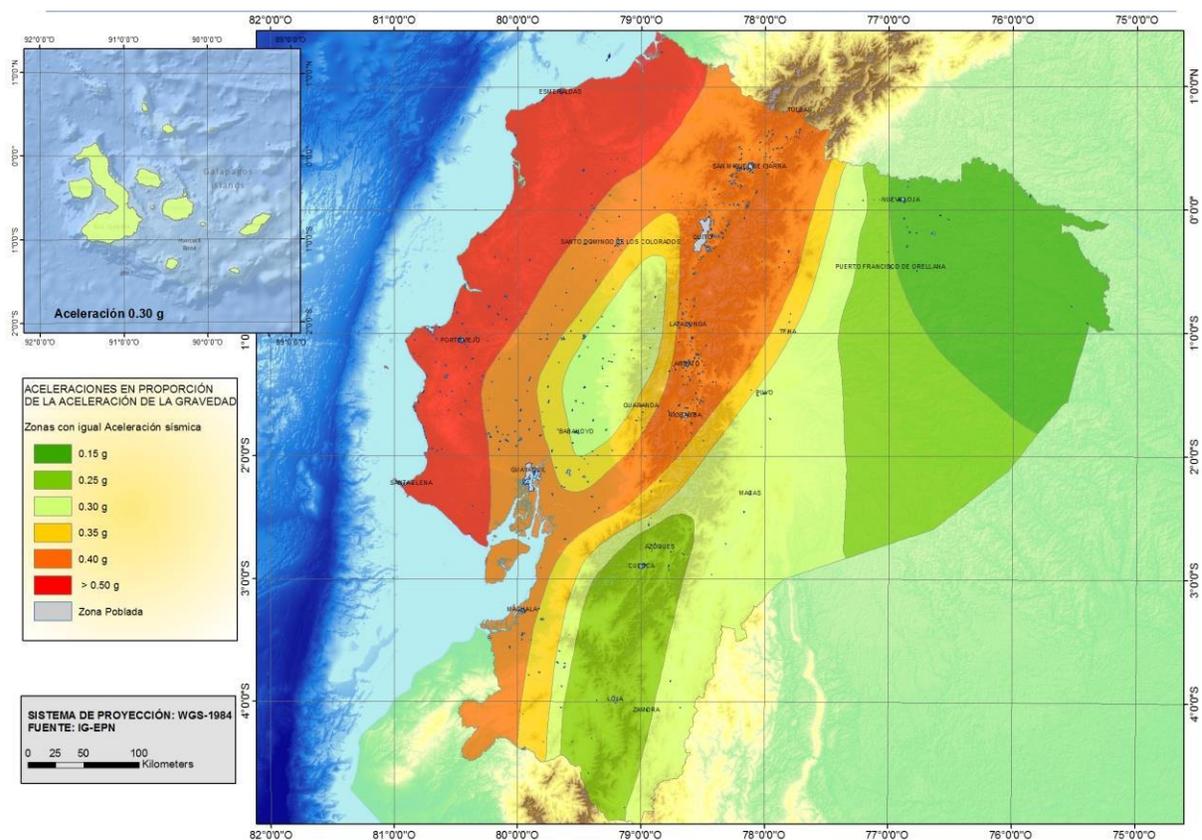
### **Vulnerabilidad Sísmica en Ecuador**

Se hace referencia a los estudios de zonificación sísmica para el Ecuador llevados a cabo por Aguiar (2010), los cuales incorporan modelos de atenuación elaborados a partir de información macrosísmica. Sin embargo, se señala que las fuentes sísmicas utilizadas carecen de suficiente respaldo técnico. Además, en la figura 1 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 (NEC), se aborda la cuestión de la zonificación sísmica en el país, junto con una concisa exposición del análisis de peligro sísmico efectuado en ese contexto. (Quinde Martínez & Angulo, 2016).

A continuación, se muestra la figura 1, donde se define las zonas sísmicas del Ecuador.

**Figura 1**

*Zonas sísmicas del Ecuador.*



*Nota.* Recuperado de Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015).

### Métodos para el cálculo de la vulnerabilidad

Diversos enfoques se han desarrollado para evaluar la vulnerabilidad de edificaciones, abarcando tanto métodos de antaño como alternativas más contemporáneas, todos destinados a cumplir con el objetivo establecido. Una adecuada clasificación es la presentada en la investigación de [Haga clic o pulse aquí para escribir texto.](#), 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 analítico***

Los métodos analíticos se destacan por su enfoque sofisticado en el procesamiento de información y en las acciones necesarias para lograr una evaluación precisa de la vulnerabilidad o el riesgo sísmico. Dentro de esta categoría, se encuentran los análisis estáticos lineales y no lineales, así como los análisis dinámicos lineales y no lineales. Estos últimos constituyen las alternativas más avanzadas y complejas para llevar a cabo esta evaluación. A pesar de sus ventajas, es importante tener en cuenta que estos métodos demandan una cantidad significativa de tiempo y pueden incurrir en costos considerables. Además, presentan limitaciones, entre las que se destaca la incertidumbre que puede surgir en los modelos desarrollados a raíz de la falta de consideración de posibles errores humanos durante el proceso constructivo o deficiencias en la calidad de los materiales utilizados. (Ponce & Manjarres, 2019).

***Método experimental***

El método en cuestión se encuentra intrínsecamente vinculado a las particularidades de la estructura y su base de sustentación. Esta metodología exige la realización de un análisis exhaustivo del desempeño que la edificación puede presentar ante eventos sísmicos. En esencia, este enfoque busca evaluar cómo una estructura específica responde a la acción de un terremoto, considerando factores que abarcan desde la geometría y la configuración de la edificación hasta la resistencia y rigidez de sus componentes. (Paucar, 2021).

Este análisis por desempeño implica la evaluación integral de una serie de aspectos. Entre ellos, se consideran los modos de vibración de la estructura, su capacidad para absorber y disipar energía sísmica, así como la capacidad de mantener la integridad estructural y la seguridad de sus ocupantes. Además, se examinan las deformaciones, desplazamientos y tensiones que pueden generarse en diferentes partes de la edificación durante un evento sísmico.

A través de este método, se busca no solo comprender cómo una edificación podría comportarse ante un sismo, sino también determinar sus posibles niveles de daño y las medidas necesarias para mejorar su respuesta sísmica. En última instancia, esta metodología proporciona una base sólida para tomar decisiones informadas en términos de diseño, refuerzo y rehabilitación de estructuras con el objetivo de aumentar su resiliencia ante eventos sísmicos.

### ***Método empírico***

Dentro de esta categoría de enfoques, se agrupan las matrices de probabilidad de daño, las funciones de vulnerabilidad y los métodos de detección. Un atributo principal de estas metodologías radica en su eficacia y eficiencia en términos de economía y tiempo, especialmente cuando se busca evaluar el riesgo sísmico a una escala considerable. Sin embargo, es necesario considerar diversas limitaciones. Por ejemplo, estas metodologías requieren la ocurrencia de un evento sísmico real para calibrar el daño observado y enriquecer el modelo de pérdidas. Asimismo, presentan desafíos para ser aplicadas en programas de rehabilitación de edificaciones.

En lo que concierne a las funciones de vulnerabilidad, su principal desventaja reside en la necesidad de incorporar la perspectiva de expertos en el proceso, lo que puede introducir un nivel considerable de subjetividad y, por ende, generar incertidumbre en los resultados. Por último, las metodologías de detección se limitan en su aplicabilidad a la creación de modelos de riesgo sísmico en escalas más reducidas, ya que su viabilidad económica disminuye en contextos de mayor amplitud.(Ponce & Manjarres, 2019).

### ***Método híbrido***

Entre las ventajas prominentes inherentes a este enfoque, destaca la utilización de datos recopilados a través de observaciones prácticas. Esta característica se traduce en una disminución de las demandas computacionales, lo cual conlleva una notable ventaja. Es especialmente beneficioso en situaciones en las que la información sobre daños en determinados niveles de intensidad para la región

geológica en cuestión es limitada. Este enfoque es particularmente valioso en áreas donde la recopilación de datos puede ser un desafío, permitiendo derivar estimaciones útiles a partir de observaciones empíricas directas.

No obstante, es esencial destacar una significativa desventaja en este procedimiento. La calibración de los resultados analíticos presenta un reto considerable debido a las distintas fuentes de incertidumbre presentes en las dos curvas de vulnerabilidad que se comparan. En el caso de las curvas analíticas, las fuentes de incertidumbre se definen de manera explícita durante la generación de las curvas. Por otro lado, la incertidumbre inherente a la información empírica no puede ser cuantificada de manera precisa. Esta disparidad en la naturaleza de las fuentes de incertidumbre puede dificultar la comparación y calibración efectiva de los resultados obtenidos de ambos métodos, lo que representa una consideración crucial al interpretar y aplicar los resultados de este procedimiento en contextos prácticos.(Ponce & Manjarres, 2019).

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

Se tomo como principal referente a la Agencia Federal de Manejo de Emergencias FEMA de los Estados Unidos donde se aborda diversos temas importantes desde gestión de riesgos, hasta normativas y guías para la construcción de edificios seguros, y resistentes a cualquier amenaza.

FEMA ha llevado a cabo un estudio integral sobre la gestión de riesgos vinculados a amenazas naturales en entornos educativos, y ha plasmado sus hallazgos en una guía titulada "Safer, Stronger, Smarter - A Guide to Improving School Natural Hazard Safety" (Más seguro, más fuerte, más inteligente: Una guía para mejorar la seguridad escolar ante los peligros naturales), conocida como FEMA P1000. Este recurso se ha convertido en un punto de referencia esencial para el desarrollo del presente proyecto.

Esta guía elaborada por FEMA proporciona una valiosa orientación en el ámbito de la seguridad escolar, específicamente en relación con la mitigación de riesgos provenientes de amenazas naturales. Enfocada en mejorar la resiliencia de las instituciones educativas, esta guía ofrece un enfoque integral que abarca desde la evaluación y comprensión de las amenazas naturales hasta la implementación de medidas concretas para fortalecer la seguridad en las unidades educativas.

Además, en los capítulos subsiguientes del documento se introduce una herramienta específica para evaluar la vulnerabilidad sísmica. Esta herramienta se basa en diversas fuentes, incluyendo el manual FEMA-P154 "Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards" (Evaluación visual rápida de edificios para identificar posibles riesgos sísmicos). A través de este recurso, se brinda a los profesionales y tomadores de decisiones la capacidad de evaluar de manera eficiente y efectiva la vulnerabilidad sísmica de las estructuras escolares.

En conjunto, estos recursos de FEMA representan una contribución significativa para mejorar la resiliencia y seguridad de las instituciones educativas frente a los riesgos de amenazas naturales, incluyendo terremotos. (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

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

En el presente trabajo se tendrá en cuenta tres grupos de vulnerabilidad que podrán ser cuantificados.

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.

P. Base: Año de construcción.

### **Puntaje Base**

El puntaje base es uno de los primeros parámetros de la guía (Ballesteros & Caizaguano, 2020), considera el año de construcción para evaluar el desempeño sísmico de edificaciones. Con el paso del tiempo ante la necesidad de proteger las edificaciones y estructuras ante el peligro y riesgo sísmico se han desarrollado códigos de diseño sismorresistente donde se proporcionan recomendaciones y requerimientos para la construcción de estructuras seguras (Martínez et al., 2022).

A medida que los códigos de diseño se actualizan en base a estudios en cuanto a la calidad de materiales, métodos constructivos y criterio de diseño que abarcan el efecto de los sismos sobre las estructuras y con el objetivo de reducir el riesgo sísmico y el cumplimiento de requisitos mínimos en la historia del Ecuador se han implementado códigos de construcción que se han adaptado a nuestro medio en base a códigos internacionales tendido en consideración a tres códigos como lo son el CEC 77 (Código Ecuatoriano de la Construcción), CEC 2000 (Código Ecuatoriano de la Construcción del año 2000) y la NEC-15 (Norma Ecuatoriana de la Construcción del año 2015).

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

Antes de 1997, la ausencia de normativas en el Ecuador dio lugar a la construcción de estructuras sin diseño sísmico o control de calidad, resultando en edificaciones escolares informales con deficiente desempeño estructural (Fajardo et al., 2021).

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

En 1951, en respuesta al sismo en Ambato de 1949, se implementó el “Código Nacional de la Construcción” como un primer paso normativo en Ecuador. En 1977, con el objetivo de mejorar la seguridad y calidad de las construcciones se estableció la “Guía Popular de Construcción Sismo – Resistente” bajo el registro oficial N° 369 elaborados por el Instituto Ecuatoriano de normalización (INEN) y basado en el código ACI 318-71 (American Concrete Institute) (Fajardo et al., 2021; Ortiz Sampedro Tatiana Cristina Ruiz, 2015).

Este conjunto de regulaciones sería conocido como CEC 77 y fue a partir del sismo de Bahía de Caráquez de 1988 que se evidenció el deficiente desempeño de las estructuras construidas bajo este código, lo que impulsó más investigación para el desarrollo de edificaciones más seguras en Ecuador (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

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

Como antecedente, los sismos de Pujilí en 1996 y Bahía de Caráquez en 1998 resaltaron la necesidad de mejorar la seguridad sísmica de las construcciones. Ante esto se creó el comité ejecutivo del Código Ecuatoriano de la Construcción que elaboró el “Código Ecuatoriano de la construcción CEC 2000” con 12 capítulos, estableciendo normas para el diseño sismo-resistente (Fajardo et al., 2021).

Este código fue aprobado por el consejo directivo del INEN el 28 de marzo del 2001, que en su capítulo 12 se establecieron pautas para la determinación de fuerzas de diseño de origen sísmico y requisitos mínimos que deben cumplir las estructuras para un adecuado comportamiento sísmico (Correa & Machado, 2016).

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

El 6 de abril de 2011, mediante el decreto ejecutivo N° 705 se formó el Comité Ejecutivo de la NEC para emitir la “Norma Ecuatoriana de la Construcción”. El MIDUVI estableció este comité con el fin de priorizar la protección de vidas en las construcciones, además de abordar requisitos de diseño, construcción y control de obras para mejorar edificaciones y su seguridad (Fajardo et al., 2021).

El 19 de agosto de 2014, se aprobó los primeros 6 capítulos de la NEC-15 con el acuerdo ministerial N° 0028 y el 10 de enero del 2015 el MIDUVI aprobó los 4 capítulos restantes mediante acuerdo ministerial N° 0047 (Ballesteros & Caizaguano, 2020; Martínez et al., 2022).

Dentro de los capítulos de la NEC-15 destaca la NEC-SE-DS: Cargas Sísmicas y Diseño Sismorresistente, que abarca requisitos y enfoques para el diseño sismo resistente, priorizando edificios

y otras estructuras. Este capítulo se complementa con normativa extranjera y sirve como guía para el cálculo y diseño, considerando la actividad sísmica del Ecuador (NEC, 2015).

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

En el primer grupo de vulnerabilidad a evaluar se consideran factores como el número de pisos, tipo de edificación según la clasificación FEMA, condiciones de golpeteo y adyacencia, además del tipo de perfil del suelo condiciones relacionadas al tipo de estructura, ubicación de la edificación y su entorno.

#### **Número de Pisos**

Las estructuras pueden presentar daño asociado a su altura, el cual está relacionado a factores que deben ser considerados en el diseño como el comportamiento sísmico, las vibraciones, el análisis y modelado avanzado, estabilidad lateral, los efectos de torsión y la cimentación (M. Castro, 2019).

En Ecuador los edificios escolares varían en altura entre 1 a 4 pisos, además de sus años de funcionamiento que afectan su respuesta ante una amenaza sísmica. Considerando que un aumento en el número de piso implicaría un aumento en el peso de la edificación y que este se relaciona con la fuerza sísmica este parámetro es de consideración para establecer la vulnerabilidad de las estructuras (Fajardo et al., 2021).

El diseño en edificios altos debe garantizar una respuesta segura ante sismos mediante enfoques más avanzados y metodologías especializadas, por ello se establece un rango de 1 a 4 pisos considerando el código y año de construcción para establecer el puntaje de vulnerabilidad relacionado a este parámetro.

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

La agencia federal para el manejo de Emergencias (FEMA), en inglés, establece diferentes tipos de edificios en base a directrices. Sin embargo, en el caso de Ecuador, se describen las tipologías usuales de construcción en el país en base a la guía FEMA P- 154 (Lizundia et al., 2014).

Tabla 1

## Tipos de Edificaciones FEMA

Tipos de Edificio FEMA	Características
<p><b>(W1):</b> Viviendas uni -o multifamiliares de uno o más pisos de estructura de madera ligera.</p> 	<p>Elementos estructurales como vigas, columnas, bastidores, celosías y armaduras de madera natural o laminada. Tienen de 1 o 2 pisos y son ligeras. Los daños más comunes se relacionan a conexiones deficientes con los cimientos y soporte inadecuado de chimeneas.</p>
<p><b>(S1):</b> Estructura de acero resistente a momento.</p> 	<p>Las estructuras de acero resistentes a momento típicas tienen luces alrededor de 6-9 m. Vigas y columnas de perfiles laminados en caliente o armadas con placas. Diafragmas de piso de hormigón, a veces cubierta de acero. Este tipo se usa en edificios comerciales e institucionales. Las soldaduras pueden sufrir daño en terremotos, causando conexiones rotas y daños no estructurales. Fallas más comunes en conexiones.</p>
<p><b>(S2):</b> Estructura de acero con arriostramiento.</p> 	<p>Pórtico de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadores a lo alto del edificio. Están arriostrados con miembros diagonales no visibles desde el exterior en ocasiones. Se usa en edificios largos y estrechos. Difícil de distinguir los pórticos resistentes a momento, pórticos arriostrados y pórticos de acero con muros de corte interiores.</p>

Tipos de Edificio FEMA	Características
<p data-bbox="196 268 630 300"><b>(S3):</b> Estructuras metálicas livianas</p> 	<p data-bbox="646 268 1409 871">Sistema estructural que incluye pórticos resistentes a momentos en la dirección transversal y pórticos arriostrados en la dirección longitudinal, con revestimiento de chapa ondulada (aluminio). Carecen de acabados en paredes interiores que revela la estructura. Los tirantes de tensión pueden provocar su alargamiento y dañar la construcción durante los terremotos. Una conexión insuficiente a una losa de cimentación puede permitir que las columnas del edificio se deslicen sobre la losa. Puede ocurrir la pérdida del revestimiento.</p>
<p data-bbox="196 909 630 1010"><b>(S4):</b> Estructura con marco de acero y muro de corte fabricado in situ.</p> 	<p data-bbox="646 909 1409 1367">Pórticos de acero con muros de hormigón armado. Cargas laterales resistidas por muros ubicados en cajas de ascensores y gradas. Verificación interior del grosor de muros: más de 14 cm indica muro de hormigón. Grietas por cizallamiento y fatiga en aberturas en muros de concreto en terremotos. Juntas de construcción pueden ser planos débiles, causando falla de corte del muro. Posible pórtico de hormigón en edificio.</p>
<p data-bbox="196 1404 630 1505"><b>(S5):</b> Estructura de marcos de acero y mampostería no reforzada.</p> 	<p data-bbox="646 1404 1409 1797">Pórticos de acero laminados en caliente con paredes divisorias de mampostería de bloque de hormigón. Columnas de acero delgadas embebidas en paredes. Porciones de paredes se alinean verticalmente. Paredes de relleno de dos a tres unidades de espesor. Enlucido alrededor de columnas o vigas a menudo mal anclado y desprendible.</p>

Tipos de Edificio FEMA	Características
<p><b>(C1):</b> Estructuras de hormigón armado con marcos resistentes a momento.</p>	<p>Todos los pórticos de hormigón armado. La ductilidad es crucial para su rendimiento. Un espaciamiento amplio de estribos en las columnas puede causar falta de confinamiento y falla de corte. La ausencia de refuerzo continuo en la viga puede llevar a la formación de rótulas bajo aplicación de cargas.</p>
	
<p><b>(C2):</b> Edificios con muros de corte de hormigón armado.</p>	<p>Vigas, columnas y muros de hormigón armado en todo el edificio. Muros de corte con un grosor variable de 15 a 45 cm.</p>
	<p>Funcionan mejor que los pórticos de concreto, siendo más pesados, pero más rígidos debido a los muros. Daños comunes en edificios altos debido a discontinuidades verticales, golpes y configuraciones irregulares.</p>
<p><b>(C3):</b> Estructuras de hormigón armado con relleno de mampostería no reforzada.</p>	<p>Vigas y columnas de hormigón armado, así como muros portantes de mampostería sin varilla de acero. Las columnas y vigas de concreto pueden tener espesor total de pared y estar expuestas en los costados y la parte posterior del edificio. Las paredes de relleno pueden doblarse o desprenderse cuando se enfrentan a fuerzas laterales intensas fuera del plano. El enlucido alrededor de las columnas o vigas a menudo está mal anclado y se despega fácilmente.</p>
	

---

Tipos de Edificio FEMA	Características
<p><b>(PC):</b> Estructuras de hormigón prefabricado</p>	<p>Paneles portantes de hormigón armado prefabricado o elementos estructurales vigas y columnas de hormigón armado, prefabricadas y armadas en obra. Los edificios de hormigón prefabricado suelen tener 1 o 2 plantas de altura. Puede experimentar caídas de paneles de pared debido a un anclaje débil del diafragma, lo que resulta en el colapso del diafragma o techo. Además, las conexiones mal diseñadas en este sistema pueden fallar.</p>
	
<p><b>(RM):</b> Estructura de albañilería reforzada con diafragmas flexibles de piso y techo.</p>	<p>Muros de paredes portantes de bloque o ladrillo con varillas de acero de refuerzo horizontal y vertical. El grosor suele ser de 20 a 25 cm de espesor. Estos edificios pueden funcionar bien en terremotos moderados si están adecuadamente reforzados y agrupados con suficiente anclaje de la losa. La mala práctica de la construcción puede dar lugar a paredes no agrupadas y sin refuerzo que pueden fallar fácilmente.</p>
	
<p><b>(URM):</b> Estructura de pared de apoyo no reforzada.</p>	<p>Muros de paredes portantes de ladrillo, bloque, adobe, bahareque sin refuerzo de varillas de acero, a menudo con mortero débil para unir las unidades de mampostería. La falta de anclaje de las paredes a los pisos y al techo, el mortero blando y los pilares estrechos entre las aberturas de las ventanas contribuyen al pobre rendimiento de este tipo de construcción.</p>
	

---

<b>Tipos de Edificio FEMA</b>	<b>Características</b>
<p data-bbox="186 262 617 367"><b>(MX):</b> Mixta acero-hormigón o mixta madera-hormigón.</p> 	<p data-bbox="617 262 1411 577">Combinación de elementos estructurales de varios materiales, considerando el sistema constructivo principal para determinar el tipo de Edificio FEMA. Ejemplo: Columnas de hormigón armado, vigas de madera y mampostería de bloque no reforzada, se clasificará según la condición más crítica.</p>
<p data-bbox="186 693 617 735"><b>(MH):</b> Viviendas prefabricadas</p> 	<p data-bbox="617 693 1411 1291">Estas estructuras pueden ser viviendas móviles o edificaciones modulares como en aulas portátiles. Móviles, elevadas del suelo, no anclados al suelo, pueden o no contar con sistema de reforzamiento sísmico. Viviendas suelen ser 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 de lámina metálica. Principal fuente de daño a causa de falta de conexión en la base con riesgo de caída en sacudidas moderadas.</p>

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

### **Condición de Golpeteo**

Una insuficiente separación entre edificios contiguos puede ocasionar choques en situaciones de terremotos, lo que aumenta el riesgo de daños locales. Resulta fundamental considerar este fenómeno que al estar condicionado por la distancia entre las construcciones y diferencia entre alturas y es relevantes dados los efectos de la actividad sísmica dada la respuesta antes las fuerzas de choque (Bantilas et al., 2023).

### **Condición de adyacencia**

La adyacencia es un parámetro de evaluación crucial, ya que las edificaciones requieren una separación entre sí. Dadas las distintas propiedades dinámicas como las vibraciones que en situaciones de sismo de gran magnitud originan fuerzas laterales que afectan a la respuesta de las estructuras, produciendo daño en caso de una separación insuficiente. Los edificios contiguos podrían entrar en contacto y colisionar entre sí (Kamel, 2023).

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

Para realizar un diseño sismorresistente se requiere de una comprensión de como las características del suelo y condiciones topográficas afectan la naturaleza de un sismo que incide directamente a las solicitaciones que afectan la estructura. Hoy en día se habla de la interacción suelo-estructura y se torna esencial en la seguridad de las edificaciones al considerar respuestas en relación con las condiciones geotécnicas y geológicas del terreno (Calderín et al., 2020).

La norma ecuatoriana de la construcción NEC-15 establece seis tipos de perfiles de suelo catalogados como A, B, C, D, E fundamentadas en el análisis de efectos locales de la respuesta sísmica de edificaciones (NEC, 2015).

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

#### **Relación Largo Ancho**

Este parámetro se relaciona con la proporción que existe entre la longitud y el ancho de la planta de construcción. Las longitudes excesivas en planta de las edificaciones afectan la respuesta sísmica ya que influye en la distribución desigual de fuerzas y movimientos durante un terremoto. Los desplazamientos irregulares, efectos de torsión y demandas de resistencia y ductilidad en diferentes partes de la estructura serán distintos lo largo de esta.

Controla una proporción adecuada tiene el objetivo optimizar el equilibrio entre seguridad y desempeño sísmico, se recomienda una relación largo/ancho menor a 4 y que cada 30 metros se establezca una junta estructural (MIDUVI, 2016).

### **Irregularidad en Planta o en Elevación**

La irregularidad de un edificio hace referencia a las variaciones geométricas que presente en su planta o elevación. Una estructura que sea regular en planta y elevación tiende a tener un mejor desempeño sísmico que una estructura irregular. Una estructura se considera irregular cuando existe una concentración desigual de masa o rigidez en una parte de esta respecto de otra. Sumado a el tipo de perfil de suelo y otras variables provocan colapso o fallas potencialmente irreversibles, la vida útil de la edificación (Cedeño, 2022; Chacón et al., 2021; López et al., 2019).

### **Ampliación Vertical u Horizontal**

Una ampliación implica expandir una estructura ya existente con la finalidad de agregar espacios y mejorar su funcionalidad, capacidad o uso. Las ampliaciones pueden ser de dos tipos: verticales, que implica expansión o crecimiento hacia arriba en forma de niveles o pisos; y horizontales, que es la incorporación de espacios o secciones hacia los lados en el plano horizontal. Es importante considerar esta condición ya que añadir un espacio de una manera que no integre la estructura ya existente y dado que se pueden emplear distintos sistemas constructivos se verá afectado el desempeño general de la edificación (Fajardo et al., 2021).

### **Patologías en Vigas, Columnas, Losas y Paredes**

Las patologías se definen como un estudio de los problemas constructivos o afecciones en las estructuras que identifican la causa, evolución y terminación del problema, así como la naturaleza de las lesiones.

En el contexto estructural tenemos elementos como lo son vigas, columnas, losas y paredes que pueden presentar un comportamiento defectuoso, dando lugar a lesiones de naturaleza mecánica (como

sismos, sobrecargas y vibraciones), física (que incluye cambios de temperatura, incendios, pérdida de masa y humedad) o química (como reacciones o ataques de ácidos o sulfatos). Estas afecciones deben ser analizadas y diagnosticadas considerando sus posibles causas, el grado de incidencia y dar una recomendación para su rehabilitación (Gaviria & Duque, 2017; Infante, 2018).

Siendo los materiales de construcción más comunes como el concreto, acero, madera, ladrillos y bloques, presentan un comportamiento diferente, lo que resulta en patologías únicas para cada material antes las condiciones que hayan sido expuestas afectando su desempeño y durabilidad.

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

En este último grupo de vulnerabilidad, se consideran los siguientes parámetros tales como: hoy 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 de emergencia, ventanas y finalmente accesibilidad inclusiva.

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

En caso de movimiento sísmico se debe considerar a los elementos no estructurales Externos que puedan caer y obstaculizar la movilidad de los estudiantes dentro de la unidad educativa, estos pueden ser parapetos, cisternas altas, cubiertas livianas, chimeneas, entre otros. para ello se debe considerar la presencia de estos elementos para evaluar la vulnerabilidad de la edificación; siendo la ausencia de los mismos el mejor grado de vulnerabilidad esperado.(Ballesteros & Caizaguano, 2020).

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

En caso de movimiento sísmico se debe considerar a los elementos no estructurales que hay dentro de cada aula, laboratorio, oficina, y demás que puedan hacer daño y Obstaculizar la movilidad de la comunidad escolar, estos pueden ser estanterías, archiveros, gabinetes, cielos rasos, instalaciones eléctricas, entre otros. para ello se debe considerar la presencia de estos elementos para evaluar la

vulnerabilidad de la edificación; siendo una adecuada colocación e instalación de los mismos el mejor grado de vulnerabilidad esperado. (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

### **Estado de conservación de la Edificación**

El estado de conservación es una condición a criterio del evaluador que permite indicar la situación general de la edificación, en las cuales describe de manera breve el estado de mamposterías, elementos y sistemas estructurales, hoy también tenemos no estructurales que forman parte de la estructura, para ello se tiene cuatro niveles, según la apreciación del evaluador (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

**Muy bueno:** la calificación está relacionada con el estado de construcción, el estado de la pintura en la fachada, estado de las cubiertas, estado de las puertas, ventanas, entre otros. en general el edificio es adecuado, no hay signos de patologías.

**Bueno:** las edificaciones presentan una adecuada conservación de su estructura, sin embargo, se nota el paso del tiempo, hay presencia de pequeños indicios de deterioro.

**Regular:** gratificaciones presentan una inadecuada conservación de su estructura, o sea percibe un maltrato por el paso del tiempo y hay una falta de atención de sus componentes.(Ballesteros & Caizaguano, 2020).

**Deficiente:** las edificaciones no presentan una conservación adecuada de las instalaciones, son estructuras abandonadas, o en desuso. presentan deterioros en el sistema estructural y no estructural.

### **Estado de conservación de la Cubierta**

Mediante una evaluación visual, se puede determinar el estado de conservación de las cubiertas (criterio del evaluador), su tipología y el material que lo reviste, para ello durante la inspección se recomienda acudir a las zonas más altas para una mejor observación (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

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

Las puertas de salida o de emergencia, son elementos se encuentran dentro de la estructura, la cual permite que los estudiantes y autoridades puedan tener una salida rápida y segura en caso de suscitarse un acontecimiento que altere el orden.

De acuerdo al Consejo metropolitano de Quito del año 2003 se debe tomar en cuenta varios puntos para cada una de las puertas de salida o de emergencia los cuales son los siguientes:

#### **Puertas**

- Las puertas deben contar con un ancho mínimo libre de 0.9m y altura de 2.05m.
- Las puertas deben tener una inclinación de apertura máxima entre 135° y 180°, siendo éstas abatibles hacia el exterior sin que sus hojas obstaculicen pasillos o escaleras.
- No se debe utilizar cerraduras tipo pomo, mi priorizar el uso de ti cerraduras tipo automáticas, de palanca y de accionamiento.
- Hoy cada puerta debe tener un espacio libre cerca de la apertura (0.45-0.55 m), su profundidad del espacio libre debe ser de 1.20 m adicional

#### **Ventanas**

Las ventanas se pueden considerar de los elementos más importantes al momento de una evacuación por lo cual al considerarse como posibles salidas de emergencia, estas tienen que cumplir con un cierto tipo de características que prioricen a personas con discapacidad, personas de talla baja y niños, etc. Deben construirse con vidrio templado para evitar daños a las personas (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

### **Accesibilidad Inclusiva**

Como menciona el (Consejo metropolitano de Quito, 2003) para poder tener una correcta y segura accesibilidad en las edificaciones se debe tener en cuenta las siguientes normas básicas:

**Rampas:**

- Las pendientes varían del 6 al 12%.
- lo recuerdo si la pendiente transversal máxima es del 2%
- El ancho mínimo de la rampa debe ser de 0,9 m.
- Pasamanos intermedios
- Desnivel que la rampa está salvando es mayor a 20 cm, utilizar bordillos.

**Escaleras:**

- Ancho mínimo de escaleras de 1,20 m
- Las contrahuellas deben tener una altura máxima de 18 cm.
- Tramos continuos hasta un máximo de 10 escalones.
- Pasamanos a ambos lados.

**Vulnerabilidad Total (VT)**

Cada una de las infraestructuras es susceptible a sufrir daños durante un terremoto, este factor cuantifica dicho daño considerando la importancia del suelo y el número de personas que ocupan la infraestructura. (Fajardo et al., 2021)

**Elemento del Terreno (E)**

Es un factor importante que relaciona directamente con el tipo de edificación, la ocupación, la población presente dentro de la misma frente a una amenaza, en este caso, un sismo ya que este no da ninguna alerta de cómo va a ser por tal razón se debe considerar que la edificación va a estar ocupada cuando ocurra el evento sísmico. (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

**Capacidad de Respuesta (CR)**

Es un conjunto de elementos, principios y actividades asociadas a la reacción adecuada en el momento de la emergencia, la forma de responder al impacto, controlarlo y la recuperación a corto y largo plazo ocasionados por eventos sísmicos. (FOPAE, 2014) Se refiere a la gestión de todos los recursos

(humanos, financieros, insumos y equipos) para las diferentes etapas (antes, durante y después) de la actividad sísmica.

### **Riesgo Sísmico Global (Rs)**

“Es el grado de pérdidas esperadas en un determinado elemento debidas a un fenómeno natural específico de una magnitud particular y un período de exposición determinado” (Ballesteros & Caizaguano, 2020). Se establece una valoración para toda la estructura involucrando parámetros como: nivel de exposición, capacidad de respuesta y vulnerabilidad total, todo esto en base al peligro sísmico.

### **Escuelas como un sitio seguro**

Los niños no solamente poseen el derecho a obtener educación, sino también a hacerlo en un ambiente seguro. Sin embargo, en diversas partes de nuestro país, los edificios escolares presentan vulnerabilidad ante daños severos o incluso colapsos en caso de futuros terremotos, tornados, huracanes, inundaciones, tsunamis, tormentas de viento u otros riesgos naturales, lo que pone en peligro a varios niños y niñas que asisten a las distintas unidades educativas. Muchos de los edificios escolares de nuestra nación son estructuras antiguas de hormigón (C3) que podrían sufrir daños graves o colapsos ante un próximo sismo, o bien son construcciones de estructuras más ligeras que son susceptibles a otros tipos de amenazas naturales. (FEMA, 2017).

La FEMA menciona el término "Life Safety" es un concepto de ingeniería que se emplea para caracterizar un nivel específico de diseño en la planificación y construcción de estructuras. La esencia fundamental detrás de la seguridad de vida es la protección y salvaguarda de las personas, con el propósito primordial de evitar pérdidas humanas y lesiones graves en un edificio debido a posibles fallas o colapsos de elementos estructurales clave, tales como columnas y vigas.

Este enfoque en la seguridad de vida se convierte en un componente esencial al concebir edificaciones que garanticen el bienestar de sus ocupantes, tanto en situaciones cotidianas como en

escenarios imprevistos. Además de prevenir lesiones y muertes, también busca mitigar los daños a la propiedad y el entorno.

En la implementación de medidas de seguridad de vida, se consideran detalladamente aspectos como la resistencia estructural, la capacidad de carga y la distribución de las cargas, así como la resistencia a posibles fuerzas externas, como sismos, vientos fuertes y otros eventos naturales extremos. Las prácticas de seguridad de vida pueden incluir la incorporación de elementos de diseño como sistemas de refuerzo estructural, materiales de alta resistencia y técnicas de construcción avanzadas.

En resumen, el concepto de seguridad de vida dentro de la ingeniería arquitectónica y estructural tiene como meta primordial prevenir fatalidades y lesiones graves en edificaciones a través de un diseño enfocado en la resistencia y estabilidad estructural.(FEMA, 2017).

Las comunidades también suelen desear utilizar los edificios escolares como espacios de refugio durante y después de eventos. Esto puede incluir proporcionar suficiente espacio en salas seguras contra tornados para acomodar a miembros de la comunidad, o convertir una escuela en un refugio oficial de evacuación ante huracanes. También puede implicar el uso de espacios escolares para funciones de recuperación comunitaria después de un evento. Si los funcionarios de emergencia locales y líderes comunitarios esperan que un edificio escolar funcione como refugio de emergencia o centro de recuperación, esto debería discutirse y abordarse en la fase de diseño conceptual de un nuevo edificio escolar. Los edificios escolares designados como refugios o centros de recuperación tienen requisitos de diseño adicionales, como diseñar para resistir cargas más altas y proteger ciertos equipos, para garantizar que sigan siendo funcionales durante y después de los eventos.

Las decisiones relacionadas con si el edificio escolar debería o no funcionar como refugio deben tomarse en el contexto de toda la comunidad, sus necesidades y los costos correspondientes. Por ejemplo, los distritos escolares podrían tomar decisiones estratégicas al seleccionar algunos edificios

escolares ubicados en el centro para diseñarlos como refugios si no pueden permitirse este nivel de diseño para todas las escuelas.(FEMA, 2017).

### Zonas de estudio

El estudio se realizó en 3 cantones del Ecuador: Sangolquí con 53 escuelas, Latacunga y Portoviejo con 15 escuelas respectivamente.

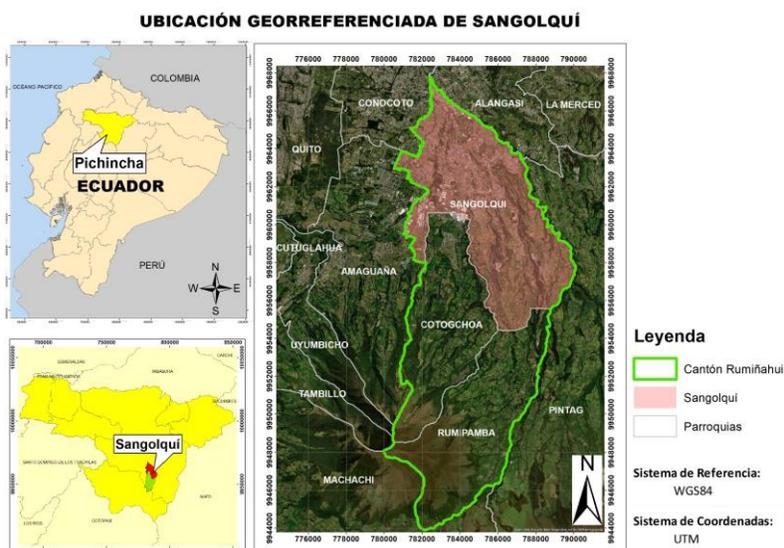
### Ciudad de Sangolquí

#### Ubicación geográfica

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

### Figura 2

#### Ubicación geográfica de Sangolquí



## **Geología de Sangolquí**

Describe la composición de las formas de relieve en cuanto a su sustrato rocoso (litología) y en base a las formaciones superficiales.

### ***Tipo de suelos***

Sangolquí al estar a las faldas del volcán Cotopaxi cuenta con depósitos de origen volcánico como: cangahuas, flujos de lodo, flujos de lava, coluviales y flujos piroclásticos. (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

**Tabla 2**

### *Formaciones geológicas*

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

*Nota.* Tomado de (GAD Municipal de Rumiñahui, 2020).

### ***Fallas geológicas***

La sierra ecuatoriana esta atravesada por la una cadena montañosa la Cordillera de los Andes por tal razón existen fallas que están latentes y han provocado varios eventos sísmicos a lo largo de los años.

**Tabla 3***Fallas Geológicas que afectan Sangolquí*

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

*Nota.* La tabla describe las fallas que afectan directamente a Sangolquí. Tomado de (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

**Riesgo sísmico**

El riesgo sísmico en Sangolquí es latente al ser parte de la cadena montañosa y por ende las fallas geológicas amplifican este riesgo.

**Peligro sísmico**

Está directamente relacionado con la vulnerabilidad estructural de la infraestructura existente, a lo largo de los años este peligro se va incrementando. La ubicación de Sangolquí incrementa la posibilidad de eventos sísmicos con alta incidencia, según la NEC tiene un factor z de 0,4 que significa zona de alto peligro sísmico.

**Tabla 4***Factor Z, Sangolquí*

<b>Población</b>	<b>Parroquia</b>	<b>Cantón</b>	<b>Provincia</b>	<b>Factor z</b>
Sangolquí	Sangolquí	Rumiñahui	Pichincha	0,4

*Nota.* Tomado de (NEC, 2015).

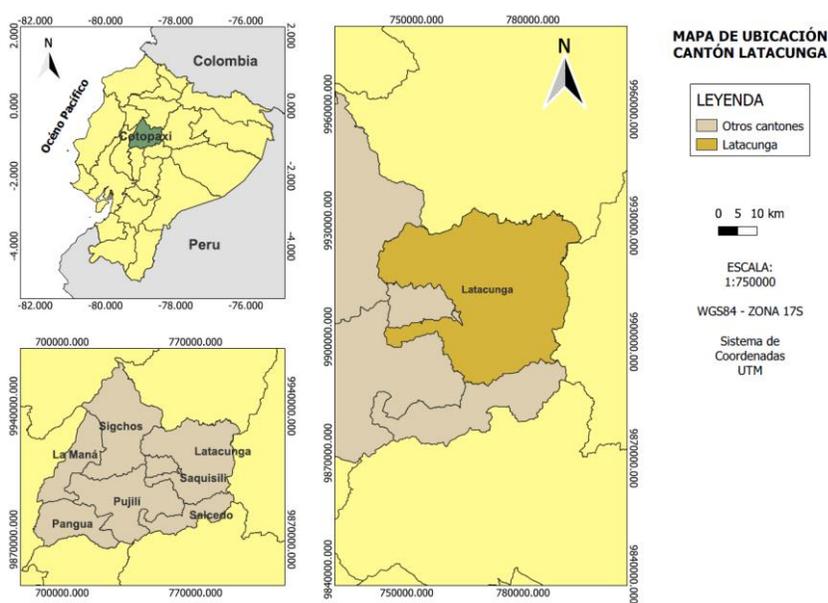
## Ciudad de Latacunga

### Ubicación geográfica

Latacunga, capital de la provincia de Cotopaxi, es la urbe más grande y poblada de la misma. Se localiza al Centro-Norte de la región interandina del Ecuador, en la hoya del río Patate, atravesada por los ríos Cutuchi y Pumacuchi, a una altitud de 2770 msnm.

### Figura 3

#### Ubicación Geográfica de Latacunga.



### Geología de Latacunga

En el cantón Latacunga, los suelos se caracterizan por la presencia de material volcánico. En base al mapa de suelos del Ecuador de 1984, el cual se basa en la morfología de los suelos se identifican más de 70 clases distintas de suelos en la zona (Gavilánez & Molina, 2013). Además, la existencia de fallas geológicas en su entorno geodinámico ha propiciado la ocurrencia de significativos terremotos como lo sucedido en el año 1996 en Pujilí (B. B. Castro, 2021).

***Tipo de suelos***

El cantón está asentado sobre suelos como cangahuas, materiales producto de depósitos de lahares, coluviales y lacustres, así como cenizas, tobas vulcano-sedimentarias y materiales conglomerados con disposición irregular envuelto por estratos de pómez con distintas granulometrías. Estos estratos engloban y circundan la periferia de la ciudad (Yáñez, 2016).

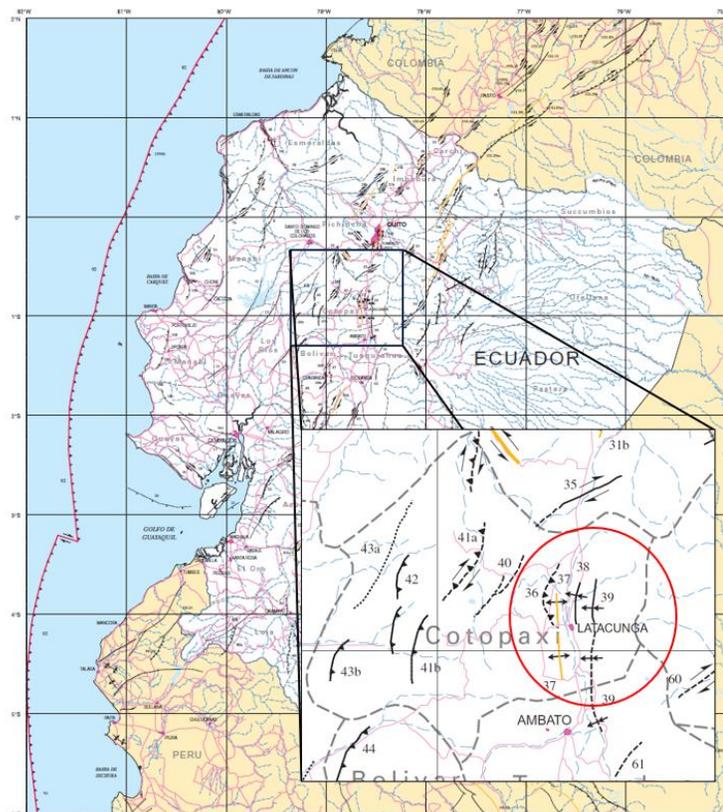
***Fallas geológicas***

Latacunga al encontrarse ubicada a las faldas del volcán Cotopaxi es propensa a los desastres naturales, tomando en cuenta que este registro incremento en su actividad sísmica en el año 2015 de acuerdo con informes elaborados por el Instituto geofísico de la escuela politécnica del Ejército, asimismo es atravesada por la mega falla “Guayaquil – Caracas”, la actual produce una importante actividad sísmica en el valle interandino (Velasco, 2022).

Las fallas geológicas que podemos encontrar en torno al cantón Latacunga de acuerdo con el mapa de fallas geológicas de la U.S. Geological Survey se tiene las fallas inversas Poaló, Nagsiche, Latacunga y Yanayacu .

**Figura 4**

*Mapa de Fallas y Pliegues Cuaternarias de Ecuador y Regiones Océánicas Adyacentes*



*Nota.* Fallas Geológicas en la zona de estudio Latacunga son EC-36: Poaló, EC-37: Nagsiche, EC-38: EC-Latacunga, 39: Yanayacu. Tomado de: (Eguez et al., 2003).

### **Riesgo sísmico**

Dos eventos que marcaron la historia en la provincia de Cotopaxi son los ocurridos el 5 de agosto de 1949 en Pelileo y el del 28 de marzo de 1996 en Pujilí.

El 5 de agosto de 1949 el terremoto de Pelileo dejó una huella en la región central del Ecuador, se revelan cifras aproximadas de 6000 pérdidas humanas y considerable destrucción económica y material. Con una magnitud estimada de 6.53 Mw y una profundidad de 6,32 kilómetros afecto a la comunidad de Pelileo ya que el epicentro fue a 5 kilómetros de la ciudad.

Por su parte, el terremoto de Pujilí en 1996 dejó construcciones con daños totales y parciales y luto en la población. La cifra de pérdidas humanas fue 62 y 15000 damnificados (Velasco, 2022).

### **Peligro sísmico**

Como consecuencia el mapa de zonificación sísmica para diseño de la NEC-15 que incluye una saturación a 0,40 g de los valores de aceleración sísmica en roca para Latacunga considerándose, así como una zona de alto peligro sísmico (NEC, 2015).

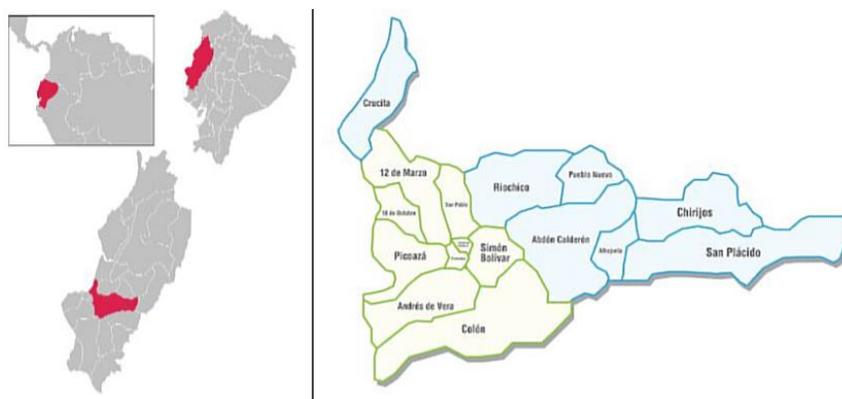
### **Ciudad de Portoviejo**

#### **Ubicación geográfica**

San Gregorio de Portoviejo o también conocida como Portoviejo, es la capital de la Provincia de Manabí. Su ubicación geográfica se encuentra atravesada por el río Portoviejo, en el corazón de la región costera del Ecuador. Esta localidad se encuentra asentada en una amplia llanura, siendo su elevación de 53 m.s.n.m y presentando un clima tropical con una temperatura promedio de 26°C.

### **Figura 5**

#### *Ubicación Geográfica de Portoviejo*



*Nota.* Imagen Recuperada de (Alcivar et al., 2020).

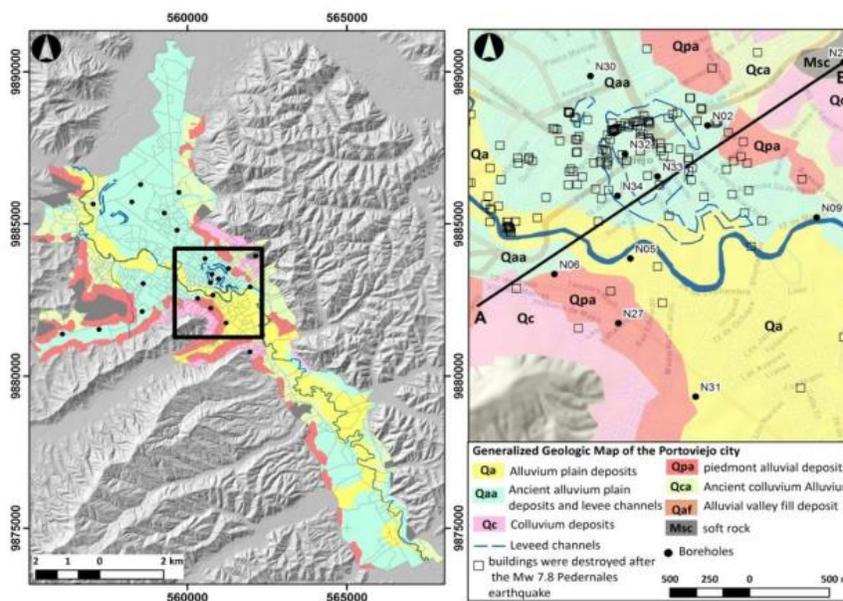
#### **Geología de Portoviejo**

La ciudad de Portoviejo se caracteriza por poseer en su zona urbana la presencia de suelos blandos, además de poseer estratos potencialmente licuables, mientras que en el área sureste de la ciudad

es menos sensible a estos fenómenos de licuefacción, esto debido a la presencia de sedimentos más antiguos (Hernández et al., 2022).

### Figura 6

*Mapa Geológico Local de la ciudad de Portoviejo.*



*Nota.* El Gráfico representa el Mapa geomorfológico de Portoviejo. Tomado de (Hernández et al., 2022).

### **Tipo de suelos**

Los suelos de la ciudad de Portoviejo corresponden al Holoceno, estos presentan estratos que van de 4 a 18 m. Con respecto a los depósitos más antiguos de las llanuras aluviales, existen estratos con una compacidad que varía con la profundidad de suave a firme. La posición geomorfológica de los canales varía con alturas estratificadas discontinuas en edades que van desde el Holoceno al Pleistoceno Superior. Igualmente, la base rocosa de la edad de Mioceno está compuesta por limolitas y acilias de la formación geológica Tosagua. (Hernández et al., 2022).

En la siguiente figura se muestran los tipos de suelos en la ciudad de Portoviejo.

**Tabla 5**

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

<b>Geologic Units</b>	<b>Thickness of Sediments</b>	<b>USCS Soil Type</b>	<b>Geological Age</b>	<b>Average Shear Rate in Meters</b>
Fill	1≤m≤4	MH and waste materials	Modern	110≤vs.≤150
Alluvium plain deposits(Qa)	4≤m≤18	CL, CH	Holocene	130≤vs.≤175
Ancient alluvium plain deposits (Qaa)	8≤m≤20	CL, CH, ML	Holocene to Late Pleistocene	160≤vs.≤260
Levee channel deposit (Qaa)	2≤m≤6	SM, MH	Holocene to Late Pleistocene	150≤vs.≤230
Colluvium deposits (Qc)	6≤m≤15	MH, ML	Late Pleistocene	180≤vs.≤260
Piedmont alluvial deposit (Qpa)	6≤m≤16	ML, MH	Late Pleistocene	180≤vs.≤280
Ancient colluvium alluvium deposits (Qca)	4≤m≤30	MH, ML	Late Pleistocene	130≤vs.≤260
Alluvial valley fill deposit(Qaf)	15≤m≤40	ML, MH,SM	Middle Pleistocene	300≤vs.≤500
Soft rock(Msc)	>20m	siltstone,claystone	Miocene	vs.> 650 m/s

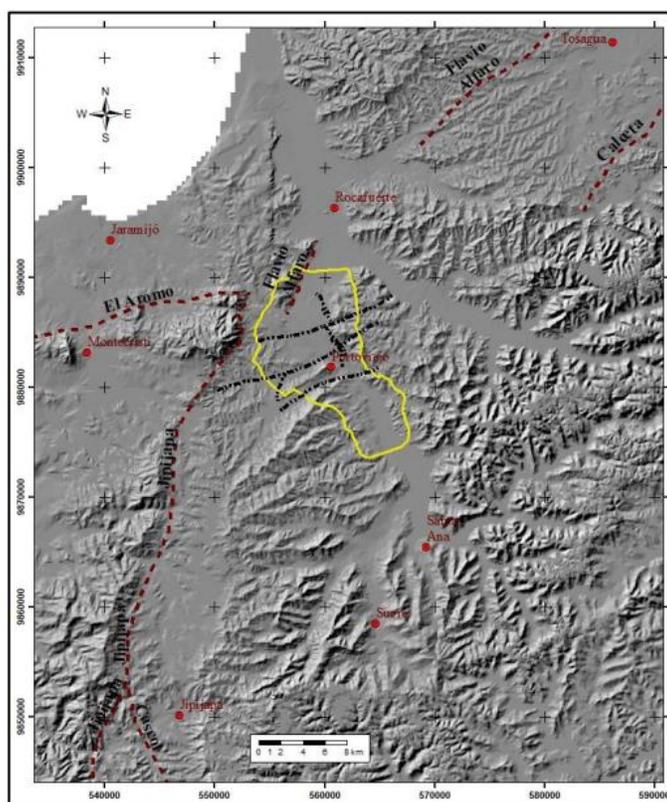
*Nota.* Suelos en la ciudad de Portoviejo. Tomado de (Hernández et al., 2022).

### **Fallas geológicas**

Estructuralmente, la ciudad de Portoviejo esta atravesada por ramales de las fallas Calceta y Flavio Alfaro con dirección NEE-SOO y SO-NE respectivamente. (Charfuelán, 2018) Esta última posee una longitud aproximada de 50km y con un movimiento dextral inverso, similar a la falla Calceta, la cual presenta un movimiento transcurrente dextral con componente inversa.

### **Figura 7**

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



*Nota.* La figura muestra un mapa de las fallas regionales cercanas a la ciudad de Portoviejo. Tomado de (Charfuelán, 2018).

### **Riesgo sísmico**

El 16 de abril del año 2016 en la costa manabita se registró un evento sísmico considerable de magnitud 7.8 en la escala de Richter, causando daños desastrosos para la comunidad de Portoviejo, dando

así un valor de 70.311 edificaciones afectadas, en donde 20.510 viviendas se consideraron como habitables o seguras, 27.486 fueron consideradas recuperables y 22.315 catalogadas inseguras. (Comité de Reconstrucción y Reactivación Productiva, 2017).

### **Peligro sísmico**

Para identificar el peligro sísmico en Ecuador, la NEC divide al país en seis zonas sísmicas, denominado mapa de zonificación sísmica para diseño, el valor  $z$  representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo en cada zona y se expresa en fracción de la aceleración de la gravedad. (Navarro et al., 2023).

El sismo del 16 de abril de año 2016 presento una aceleración pico del terreno (PGA) de 0,42g, el cual se encuentra dentro del rango para la zona VI – actividad sísmica muy alta (mayor o igual a 0,5g) (Aguar & Miele, 2018).

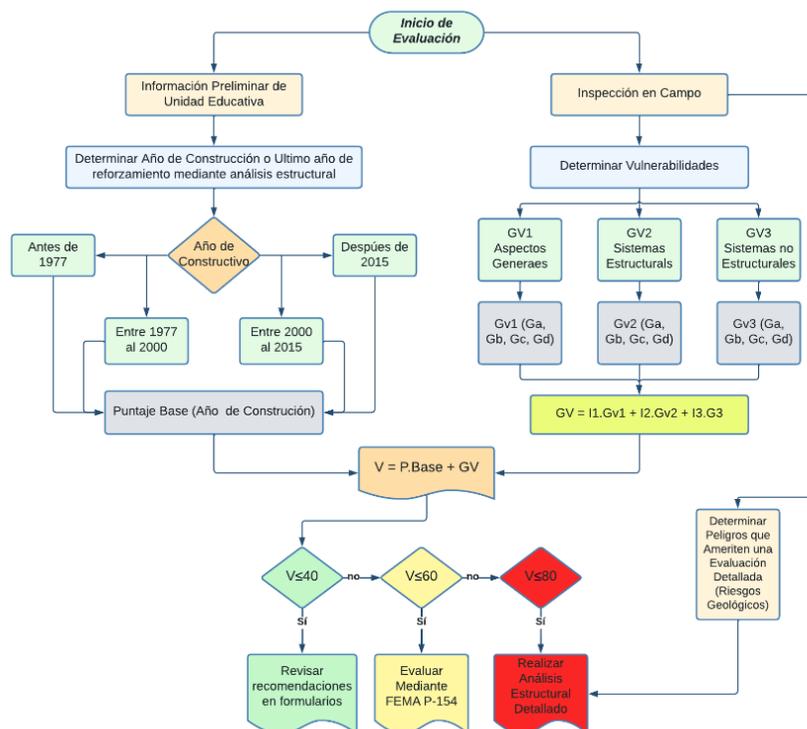
## Metodología

La metodología por emplearse en el presente estudio es la aplicación de la guía (Ballesteros & Caizaguano, 2020), que es un método cualitativo basado en un sistema de puntajes considerando como punto de partida el formulario FEMA P-154 y una adaptación de la guía FEMA P-1000. Es así como se generó una herramienta que permite evaluar la infraestructura de las distintas unidades educativas de la zona de estudio ante la amenaza de terremotos, considerando fundamentos técnicos de estructuración y manejo de desastres en edificaciones de uso escolar, con el fin de analizar y adaptar una guía para mejorar la seguridad escolar ante amenazas naturales enfocándose en el riesgo sísmico.

Para seguir el procedimiento de evaluación del grado de vulnerabilidad de las edificaciones y una entrega de resultados respecto a la misma se establece el siguiente flujograma.

**Figura 8**

*Flujograma de Evaluación de Vulnerabilidad de Edificios.*



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

A partir de la creación de la guía de (Ballesteros & Caizaguano, 2020), se implementó un sistema de puntuación destinado a evaluar la vulnerabilidad de las estructuras. En teoría se podría considerar un rango de puntaje entre 0 y 100, en la práctica, un valor de 0 implicaría una estructura invulnerable, mientras que 100 indicaría que no es apta para funcionamiento. En vista de ello, se optó por establecer un rango de puntuación más específica entre 20 y 80 puntos, con el fin de discernir el nivel de vulnerabilidad que corresponda para la edificación evaluada.

**Tabla 6**

*Grados de vulnerabilidad para categorización de edificios.*

<b>Grado</b>	<b>Descripción</b>	<b>Puntaje</b>
G <sub>A</sub>	Representa una vulnerabilidad baja	20
G <sub>B</sub>	Representa una vulnerabilidad media	40
G <sub>C</sub>	Representa una vulnerabilidad alta	60
G <sub>D</sub>	Representa una vulnerabilidad muy alta	80

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

A continuación, se describe de manera breve las condiciones del formulario a emplearse para establecer la vulnerabilidad y poder catalogarlas como baja, media, alta o muy alta como el puntaje base y grupos de vulnerabilidad. Además, se establece una recomendación en base al grado de vulnerabilidad.

### **Puntaje Base**

Se establecen rangos de puntuación base en función del año de construcción, con el propósito de relacionarlos con el código de diseño que han estado vigentes en el medio de la construcción del Ecuador. Estos rangos de puntuación se definen de la siguiente manera:

**Tabla 7**

*Puntajes base según el Año de Construcción.*

<b>Rango de Año</b>	<b>Desempeño Estructural</b>	<b>Puntaje Base</b>
Después del año 2015 (NEC 15)	Buen Desempeño	12,5
Entre 2000-2014 (CEC 2000)	Moderado Desempeño	22,5
Entre 1998-1999 (CEC 77)	Deficiente Desempeño	45
Antes del año 1977 (Sin Norma)	Nulo Desempeño	55

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

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

Dentro de los parámetros del grupo de vulnerabilidad GV1 se consideró el tipo de edificio FEMA, el número de pisos, la presencia de edificios adyacentes al de análisis, y el tipo de suelo sobre el que esta edificado.

#### **Número de Pisos**

Basándonos en los códigos y años de construcción en la historia del Ecuador, se puede establecer que las edificaciones antes de 1977 carecen de un código de construcción y se consideran de alta vulnerabilidad. Durante periodo de transición (1977-2000) (CEC 77) edificios de hasta 3 pisos presentan un deficiente desempeño estructural y alta vulnerabilidad. Con los códigos actuales como el CEC 2000 y la NEC-15 las estructuras menores o superiores a 4 pisos presentaran una baja vulnerabilidad (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

**Tabla 8**

*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 localizadas en la parroquia de Sangolquí, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

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

Los tipos de edificaciones FEMA que fueron explicadas en el marco teórico se han agrupado en base a su puntaje base con lo que se tiene los siguientes grados asignados y agrupaciones de edificaciones (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

**Tabla 9**

*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	G <sub>A</sub> : 20
S1, S3	1,5 – 1,8	G <sub>B</sub> : 40
S2, S4, S5, C2, MH	1,2 – 1,5	G <sub>C</sub> : 60
C1, C3, PC, RM, URM	0,9 – 1,2	G <sub>D</sub> : 80

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

### **Condición de Golpeteo**

Si consideramos que la separación mínima por piso que debe tener una estructura con una adyacente está relacionada con la vulnerabilidad de las edificaciones dado el choque que pueden tener las estructuras se presentan las siguientes condiciones para la separación y su respectivo puntaje analizado en la guía (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

**Tabla 10**

*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 localizadas en la parroquia de Sangolquí, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

### **Condición de adyacencia**

La condición de adyacencia es relevante porque se debe considerar el entorno de la estructura, la relación que existe entre las alturas de las edificaciones contiguas con el fin de establecer una vulnerabilidad en base a lo establecido en (Ballesteros & Caizaguano, 2020), de la siguiente manera:

**Tabla 11**

*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 <sub>D</sub> : 80

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

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

En base a la tipología que se establece en la NEC-15 se permite establecer grupos considerando que las edificaciones sobre suelos tipo A y B son de menor grado de vulnerabilidad y en contraste los suelos tipo E y F los más vulnerables (Ballesteros & Caizaguano, 2020). Se tiene la siguiente agrupación y su respectivo grado de vulnerabilidad.

**Tabla 12**

*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 <sub>A</sub> : 20
Tipo C	G <sub>B</sub> : 40
Tipo D	G <sub>C</sub> : 60
Tipo E y Tipo F* (* Requiere ingeniero especialista)	G <sub>D</sub> : 80

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

### Parámetros del Grupo de Vulnerabilidad GV2

En cuanto a la vulnerabilidad estructural destacan todo aquel elemento estructural de la edificación (vigas, columnas, losas) y sus respectivas tipologías dado el material de los que estén hechos (hormigón armado, perfilera metálica, madera) y que puedan afectar a su desempeño. La geometría, disposición y la configuración tanto en planta como en elevación además de irregularidades visibles que puedan presentar la edificación serán consideradas en este grupo de vulnerabilidad GV2.

### **Relación Largo Ancho**

La longitud de una estructura al ser excesiva hace que se experimenten movimientos rotacionales durante un movimiento sísmico afectando su resistencia y ductilidad en elementos estructurales, entonces se proporciona los siguientes grados de vulnerabilidad para la relación largo ancho de una estructura. Se consideran las relaciones que establece la NEC-15 y lo adaptado por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

**Tabla 13**

*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 localizadas en la parroquia de Sangolquí, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

### ***Irregularidad en Planta***

Considerando que la NEC-15 recomienda que las estructuras sean regulares y simétricas se establecen las condiciones de irregularidad en planta y en base a la guía para identificar irregularidad en planta de se establece que las estructuras más regulares son menos vulnerables y la irregularidad es de peor grado (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

**Tabla 14**

*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 localizadas en la parroquia de Sangolquí, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020) .

### ***Irregularidad en Elevación***

Para evaluar la irregularidad en elevación se consideran las establecidas en la guía de evaluación y rehabilitación de la NEC y que fueron estudiadas en el desarrollo de la guía (Ballesteros & Caizaguano, 2020) , que establecen las siguientes condiciones con su respectivo grado de vulnerabilidad.

**Tabla 15**

*Grado de Vulnerabilidad por Irregularidad en Elevación.*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
La edificación es regular	G <sub>A</sub> : 20
La edificación presenta: Desnivel de terreno moderada o niveles divididos	G <sub>B</sub> : 40
La edificación presenta: Desnivel de terreno severo (pendiente mayor 14%) o retroceso en el plano o pared de sótano sin refuerzo	G <sub>C</sub> : 60
La edificación presenta: Columnas cortas o Piso blando / débil o Retroceso fuera del plano	G <sub>D</sub> : 80

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

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

Las condiciones para ampliaciones verticales u horizontales serán evaluadas en base a la guía para identificar ampliaciones verticales que se emplea en el desarrollo de la guía de evaluación de (Ballesteros & Caizaguano, 2020) se establece que el menor grado de vulnerabilidad es de una estructura que no presenta ampliaciones y aquella que presente ampliaciones tendrá un mayor grado de vulnerabilidad. Se presenta además las siguientes condiciones.

**Tabla 16**

*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
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 localizadas en la parroquia de Sangolquí, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

**Tabla 17**

*Grado de Vulnerabilidad por Ampliaciones Horizontales.*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
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 localizadas en la parroquia de Sangolquí, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

### ***Patologías en Vigas***

En base a la guía para identificar patologías en vigas, columnas y losas se considera el tipo de material y se tiene las siguientes consideraciones para establecer el grado de vulnerabilidad.

**Tabla 18**

*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 localizadas en la parroquia de Sangolquí, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

### ***Patologías en Columnas***

Dada la naturaleza del comportamiento de las columnas y su comportamiento principal a compresión se evalúan e identifican fisuras, además del tipo de material y la condición de los elementos se asigna el grado de vulnerabilidad (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

**Tabla 19**

*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
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 localizadas en la parroquia de Sangolquí, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

### ***Patologías en Losas***

Las condiciones de vulnerabilidad para estos elementos que se aplicaron fueron acorde al grado de afectación en base a lo que establece la guía (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

**Tabla 20**

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

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
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 localizadas en la parroquia de Sangolquí, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

### **Patologías en Paredes**

Se asigna el grado de vulnerabilidad a las siguientes condiciones para patologías que se pueden encontrar en paredes en base a lo que establece la guía (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

**Tabla 21**

*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 para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020) .

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

En este caso evaluaremos la condición en la que se encuentra la edificación y su cubierta además de otros elementos que se puedan encontrar dentro de las instituciones educativas como lámparas, ventanas, paredes divisorias, estanterías, puertas entre otros considerando a su vez también la accesibilidad de personas con capacidades especiales.

## Elementos no estructurales Exteriores

**Tabla 22**

*Grado de Vulnerabilidad de elementos no estructurales exteriores*

Condición	Grado
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 localizadas en la parroquia de Sangolquí, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

## Elementos no estructurales Interiores

**Tabla 23**

*Grado de Vulnerabilidad de elementos no estructurales interiores*

Condición	Grado
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
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 localizadas en la parroquia de Sangolquí, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020), FEMA.

### ***Estado de conservación de la Edificación***

**Tabla 24**

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

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
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***

Las cubiertas desempeñan un papel muy importante Brindando protección contra el clima, así como actuar como barrera contra infiltración de agua evitando daños estructurales y filtraciones, la conservación la cubierta es crucial para garantizar la integridad y prolongar la vida útil de la estructura.

**Tabla 25**

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

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
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 cubiertas desempeñan un papel muy importante Brindando protección contra el clima, así como actuar como barrera contra infiltración de agua evitando daños estructurales y filtraciones, la conservación la cubierta es crucial para garantizar la integridad y prolongar la vida útil de la estructura.

**Tabla 26**

*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***

**Tabla 27**

*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.

En base a estas condiciones se evalúa el grado de vulnerabilidad por el porcentaje en donde las ventanas que tienen vidrios templados.

### ***Accesibilidad Inclusiva***

**Tabla 28**

*Grado de Vulnerabilidad por Ventanas*

<b>Condición</b>	<b>Grado</b>
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 para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020), FEMA.

### **Cálculo de vulnerabilidad total**

Para la vulnerabilidad total se consideran los parámetros tales como: Elemento del terreno y coeficiente de respuesta los cuales se explican a continuación.

#### ***Elemento del Terreno (E)***

Con el propósito de realizar una evaluación integral de la vulnerabilidad inherente a las diversas estructuras que componen las instituciones educativas, se sugiere la utilización de una matriz compuesta por valores de ponderación, los cuales permitirán clasificar de manera sistemática la importancia relativa de cada elemento en estudio

Tabla 29

*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	N/A	4	5	6

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

### **Vulnerabilidad Total (VT)**

El Promedio Ponderado Difuso, método aritmético tradicional para combinar información difusa con diferentes grados de importancia, desarrollado por Rondón et al, se emplea en el actual proyecto para determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de las estructuras en entornos educativos (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

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

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).

### **Determinación del riesgo global**

Para el riesgo global se consideran aspectos como: capacidad de respuesta y Nivel de exposición los cuales se explican a continuación.

#### ***Capacidad de Respuesta (CR)***

La capacidad de respuesta en su totalidad se evalúa a la institución educativa, su reacción ante una emergencia de evento sísmico. Esta capacidad de respuesta analiza diferentes parámetros para su evaluación como tal.

**Tabla 30**

*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
$G_C$	En proceso, escaso, mínimo, existe, pero es deficiente	40
$G_D$	No cumple, no ha sido planificado, no elaborado, está junto al factor de riesgo	20

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

Los valores adquiridos tras la evaluación de los diferentes parámetros se agregan en función de su categorización, posteriormente se efectúa una división respecto al número de preguntas.

**Tabla 31***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.
60<valor≤ 80	Alto	Mantener el Plan de Operación de Emergencia, reforzarlo anualmente, y mantener reuniones esporádicas.

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

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

De acuerdo con estudios posteriores se conoce que Sangolquí, Latacunga y Portoviejo están en zonas de riesgo muy altas por tal razón, considerando que esta es la mayor de las 5 categorías según el nivel de amenaza de la siguiente tabla:

**Tabla 32***Nivel de exposición a la Amenaza*

<b>Nivel de exposición a la Amenaza</b>	<b>Valor Asignado</b>
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 para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí, por (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

**Riesgo Global (Rg)**

La categorización del riesgo global de las instituciones educativas está en función de la vulnerabilidad total, nivel de exposición entre el coeficiente de capacidad. Esto está ligado a parámetros anteriores tales como: elemento del terreno, su uso y número de personas.

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

Donde:

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

### Casos de estudio

Para esta investigación se tomaron 3 ciudades de gran importancia por la zona en la que se encuentran ubicadas, dentro de estas ciudades de realizo de manera detallada la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica en las principales Unidades educativas de las mismas considerando las más pobladas.

#### Ciudad de Sangolquí

##### *Instituciones educativas seleccionadas*

**Tabla 33**

*Unidades Educativas seleccionadas en Sangolquí*

<b>Nombre de la Unidad Educativa</b>	<b>Este [m]</b>	<b>Norte [m]</b>	<b>Altitud [m]</b>
Alondra y Diuca	784354,62	9961890,87	2548
American Basic	784973,99	9962040,35	2550
Anatoly Lunacharsky	782789,69	9966708,94	2466
Ardillitas del Valle	784245,69	9962721,69	2530
Carmen Gaibor de Gonzales	787298,43	9958828,74	2660
Carrusel de Niños	788607,23	9957522,84	2836
Casita de Juegos	786166,92	9961540,58	2543
CDI Alegre Colibrí	783208,80	9959008,93	2573
CDI Daniel Goleman	785364,13	9964303,29	2515
CDI Miguel de Cervantes	785848,60	9963643,79	2556
CDI Municipal Gotitas de Amor	784597,74	9963350,28	2509
CEI. Happy Children	784904,89	9962001,53	2540
Celestin Freinet del Valle	783728,10	9963421,30	2495
Charles Babbage	783751,41	9962552,13	2522

<b>Nombre de la Unidad Educativa</b>	<b>Este [m]</b>	<b>Norte [m]</b>	<b>Altitud [m]</b>
Darío Figueroa Larco	784590,77	9963418,03	2507
Dr. Carlos Cadena	784350,77	9962676,85	2528
Dr. Carlos Larco Hidalgo	784334,34	9963718,10	2502
ECO. José Mocanda Sánchez	783751,41	9962552,13	2522
Educar 2000	785347,08	9961671,17	2539
Franciscana la Inmaculada	783766,02	9963670,03	2504
Galileo Galilei	786606,12	9959886,39	2604
George Mason	783297,56	9966339,71	2470
Gotitas del Saber	782028,77	9962219,21	2517
Henry Dunant	783962,63	9965087,21	2486
Home Sweet Home	784223,02	9963688,99	2513
Inés Gangotena Jijón	784689,28	9960802,52	2575
Instituto Particular de Educación Especial Virgen de la Merced	783722,42	9965253,78	2483
Jacinto Jijón y Caamaño	785175,13	9962650,44	2521
Juan Montalvo	783939,79	9963384,44	2509
Juan Salinas	785505,52	9961383,62	2539
La Pájara Pinta	783674,99	9965410,62	2480
Leónidas García	788527,88	9957866,26	2813
Leopoldo Mercado	784475,03	9963589,95	2503
Liceo Juan Mantovani	783751,41	9962552,13	2522
Madre de la Divina Gracia	783131,49	9966719,06	2463
Maslow	784070,12	9962782,41	2526

<b>Nombre de la Unidad Educativa</b>	<b>Este [m]</b>	<b>Norte [m]</b>	<b>Altitud [m]</b>
Mi Aldea Feliz	783869,06	9962812,96	2521
Mundo de Juguete	782441,51	9964569,09	2492
Mundo Infantil	784430,45	9961694,58	2554
Nuevo Mundo en las Manos de Dios	783635,29	9964160,16	2491
Oswaldo Guayasamín	785194,56	9959856,68	2608
Pequeños Exploradores	785238,24	9961047,66	2569
Ramon Gonzáles Artigas	786068,51	9961748,62	2535
Roma Kids	783881,89	9964933,51	2488
Rotary Club Fe Y Alegría	786982,94	9959350,34	2633
San José de Capelo	783148,86	9965866,81	2477
San Rafael	783271,56	9966062,29	2476
Semillitas de Vida	784715,32	9964199,47	2513
Sweet Steps	783466,15	9965314,34	2780
Telmo Hidalgo Díaz	781609,12	9963608,57	2502
Timoteo	782421,13	9965751,17	2471
U.E. Rumiñahui	784355,38	9963388,00	2519
Vicente Aguirre	782641,34	9964754,97	2484

Figura 9

Mapa de escuelas seleccionadas en Sangolquí



**Ejemplo de escuela evaluada**

Para la aplicación de la guía FEMA P-1000 elaborada por (Ballesteros & Caizaguano, 2020), se tomó como institución modelo la Unidad Educativa Oswaldo Guayasamín, con un total de ocho edificaciones se presenta a continuación el formulario completo de la primera estructura.

**Puntaje base**

El primer aspecto para considerar es el año de construcción, en este caso al ser una estructura del año 2007 se le asigna una categoría GB teniendo un puntaje de 22,5.

**Tabla 34***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**

En el siguiente punto es necesario tomar en cuenta aspectos como:

**Número de pisos**

Este va estrechamente ligado al año de construcción ya que, si en la primera pregunta se tiene una categoría GA o GB, esta necesariamente debe entrar en una de las mismas.

**Tabla 35***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			
	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 evaluada es fabricada en su totalidad en con hormigón armado (C3) con un grado vulnerabilidad 0,9 entrando así en categoría GD con 80 puntos.

**Tabla 36**

*Tipo de edificio FEMA (GV1)*

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

### ***Condición de golpeteo***

Son visibles juntas por ampliaciones horizontales en la estructura entrando en la categoría GC con un puntaje de 60.

**Tabla 37**

*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 $[\Delta(p) \times 5 \text{ cm}]$				
	GC: El edificio adyacente se encuentra a un espacio de separación igual al mínimo $[\Delta(p) \times 5 \text{ cm}]$				
	GD: Sin presencia de juntas entre edificaciones contiguas, en caso de presencia de suelos de diferente calidad.				

### **Condición de adyacencia**

Dado su emplazamiento en un área exenta de construcciones, carece de adyacencia, lo que la clasifica como GA, obteniendo una puntuación de 20.

**Tabla 38**

*Condición de adyacencia (GV1)*

<b>5 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**

Debido a la predominante ubicación de Sangolquí sobre de depósitos de lahares, posee una clasificación de suelo tipo D, situando la estructura en la categoría GC con una puntuación de 60.

**Tabla 39**

*Tipo de perfil de suelo (GV1)*

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

Luego de llevar a cabo la evaluación de esta etapa, los puntajes obtenidos en cada categoría se suman y posteriormente se dividen por el número de ítems considerados, en este caso, se alcanzó un total de 48 puntos.

**Tabla 40**

*Puntaje GV1*

CATEGORÍA	GA	GB	GC	GD
RESULTADO	40	0	120	80
SUMATORIA	240			
PUNTAJE GV1	48,00			

#### **Aspectos generales GV2**

Durante esta fase se analizan características y elementos de tipo estructural, dependiendo del tipo edificio FEMA se consideran o no todas las categorías.

#### **Relación largo ancho**

Se sitúa en la categoría GD con una puntuación de 80 debido a que presenta una relación longitud-anchura superior a 4, con su lado más extenso midiendo alrededor de 110 metros.

**Tabla 41**

*Relación largo ancho (GV2)*

7	Relación Largo Ancho	GA	GB	GC	GD
	GA: La edificación posee una relación largo ancho menor a 4				x
	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				

<b>7</b>	<b>Relación Largo Ancho</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	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***

Debido a su diseño arquitectónico de forma rectangular, carece de cualquier forma de irregularidad en planta, lo que lo posiciona en la categoría GA con una calificación de 20 puntos.

**Tabla 42**

### *Irregularidad en planta (GV2)*

<b>8</b>	<b>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				
	GD: La edificación presenta: Sistemas no paralelos o Torsión				

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

Debido a su diseño arquitectónico, carece de irregularidad en elevación posicionándose en la categoría GA con una calificación de 20 puntos.

**Tabla 43***Irregularidad en elevación GV2*

<b>9</b>	<b>Irregularidades en elevación</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	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***

Al no poseer ningún tipo ampliación vertical ningún tipo de ampliación vertical se encuentre en la categoría GA con una puntuación de 20.

**Tabla 44***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				

<b>10 Ampliaciones verticales</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
-----------------------------------	-----------	-----------	-----------	-----------

GD: Una o más plantas con diferentes configuraciones que la principal, y diferente sistema constructivo

---

***Ampliaciones horizontales***

Cuenta con dos ampliaciones horizontales del mismo sistema constructivo (hormigón armado, C3), entrando así en la categoría GB con una puntuación de 40.

**Tabla 45**

*Ampliaciones verticales (GV2)*

<b>11 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

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***

Al manifestar evidenciarse fisuras y humedad en las vigas, columnas y losas, estas se clasifican en la categoría GB, con una puntuación de 40.

Tabla 46

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

	GA	GB	GC	GD
<b>12 Ampliaciones Horizontales</b>		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 Patologías en columnas</b>				
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)				
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)				

	GA	GB	GC	GD
GD: Grietas en losas por sobrecarga excesiva, afectaciones tipo III (metálica, acero, madera), deformación de la losa				

### ***Patologías en paredes***

La presencia visible de mohos, junto con la existencia de grietas horizontales en las fachadas, conduce a la categorización en GC, alcanzando un total de 60 puntos.

### **Tabla 47**

#### *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 madera), humedad generalizada, acción de hongos y mohos.				
	GD: Fractura o grietas inclinadas en fachadas, afectaciones tipo III (laminas metálicas y de madera)				

Luego de llevar a cabo la evaluación de esta etapa, los puntajes obtenidos en cada categoría se suman y posteriormente se dividen por el número de ítems considerados, en este caso, se alcanzó un total de 37,78 puntos.

**Tabla 48***Puntaje GV2*

<b>CATEGORÍA</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
<b>RESULTADO</b>	60	160	120	0
<b>SUMATORIA</b>			340	
<b>PUNTAJE GV1</b>			<b>37,78</b>	

**Aspectos generales GV3**

Esta constituye la última categoría en la cual se evalúan aspectos de naturaleza arquitectónica, tales como ventanas, puertas y mobiliario.

***Elementos no estructurales exteriores***

En este apartado, es necesario tomar en consideración elementos como canaletas, bajantes y cualquier otro componente no estructural que esté soportado por la infraestructura.

**Tabla 49***Elementos no estructurales exteriores (GV3)*

<b>16 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***

Además, se requiere considerar los elementos no estructurales internos, como los techos suspendidos y la disposición del mobiliario en las aulas.

#### **Tabla 50**

##### *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***

Este ítem depende netamente de la perspectiva del evaluador, sin embargo, es necesario tomar en cuenta las características ya evaluadas.

**Tabla 51***Estado de conservación de la edificación (GV3)*

<b>18 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***

En el ejemplo modelo se puede evidenciar que no se toma en cuenta este ítem, el cuál tampoco será parte del promedio final de la sección.

**Tabla 52***Estado de conservación de cubiertas (GV3)*

<b>19 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				
GD: Deficiente				

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

Un requisito mínimo para las puertas de emergencia es que se abran en un ángulo de 135° a 180° hacia el exterior. Sin embargo, no se ha identificado ninguna puerta que cumpla con esta característica. Por lo tanto, en este aspecto se asigna una categoría GD con una puntuación de 80.

**Tabla 53***Puertas de salida o de emergencia (GV3)*

<b>20</b>	<b>Puertas de salida, o de Emergencia</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	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***

Debido a la capacidad del vidrio templado para ofrecer una mayor seguridad en situaciones sísmicas, su inclusión en las estructuras resulta fundamental. No obstante, en esta instancia, se observa la presencia exclusiva de vidrios monolíticos, lo que lleva a la categorización en el nivel GD.

**Tabla 54***Ventanas (GV3)*

<b>21</b>	<b>Ventanas</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
	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***

La creación de un entorno seguro para todas las personas es de vital importancia, especialmente en el contexto de un evento sísmico. La accesibilidad inclusiva desempeña un papel fundamental en esta

garantía. Sin embargo, en esta situación particular, se observa la ausencia de medidas de accesibilidad inclusiva, lo que representa una limitación en términos de seguridad en caso de un sismo.

**Tabla 55**

*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				

Luego de llevar a cabo la evaluación de esta etapa, los puntajes obtenidos en cada categoría se suman y posteriormente se dividen por el número de ítems considerados, en este caso, se alcanzó un total de 53,33 puntos.

**Tabla 56**

*Puntaje GV3*

<b>CATEGORÍA</b>	<b>GA</b>	<b>GB</b>	<b>GC</b>	<b>GD</b>
<b>RESULTADO</b>	20	80	60	160
<b>SUMATORIA</b>		320		
<b>PUNTAJE GV1</b>		<b>53,33</b>		

### Cálculo de vulnerabilidad

Para determinar el nivel de vulnerabilidad, se utilizan los valores del puntaje base junto con los grupos de vulnerabilidad (GV).

**Figura 10**

*Grado de Vulnerabilidad*

<b>VULNERABILIDAD</b>								
PUNTAJE BASE =				22.5				
I	Puntaje Base				<b>GV1</b>	/	=	<b>10.80</b>
	12.5	22.5	45	55				
GV1	0.225	0.225	0.1875		<b>GV2</b>	/	=	<b>4.50</b>
GV2	0.1125	0.113	0.0938		<b>GV3</b>	/	=	<b>2.00</b>
GV3	0.0375	0.038	0.0313		53.33 x 0.0375			
V	=	Puntaje Base +GV			<b>GV</b>	=	<b>17.30</b>	
<b>V</b>	=	<b>39.80</b>						
60 < V ≤ 80	<b>Alto</b>	Realizar análisis estructural		-				
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.* Imagen adaptada de la tabla Puntaje de vulnerabilidad para edificio E2 (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

### Coefficiente de respuesta

El coeficiente de respuesta se analiza considerando factores tales como los recursos requeridos para responder efectivamente a un evento sísmico, los cuales en este caso se han identificado como insuficientes. Además, se evalúan los planes de operación que, si bien han sido elaborados, aún no han sido implementados, estos factores resultan en un coeficiente de respuesta de 63.2.

Tabla 57

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.		<b>X</b>		
	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.				<b>X</b>
	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.		<b>X</b>		
	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.		<b>X</b>		
	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.		X		
	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.		X		
	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.		X		
	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 relacionándolas con temas gestión de riesgos por sismos.				

---

---

**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**

**escolares:**

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 58**

*Cálculo del Coeficiente de respuesta*

---

<b>RESULTADOS DEL FORMULARIO DE DETECCIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD</b>				
<b>CONTEO DE RESPUESTAS</b>	10	11	2	2
	80	60	40	20
	800	660	80	40
<b>SUMATORIA</b>	1580			
<b>PUNTAJE FINAL</b>	63,20			

---

## Ciudad de Latacunga

### *Instituciones educativas seleccionadas*

Se llevó a cabo un total de 15 evaluaciones en Instituciones Educativas ubicadas dentro del cantón Latacunga, utilizando la guía de (Ballesteros & Caizaguano, 2020). Dichas Instituciones educativas, se detallan a continuación:

**Tabla 59**

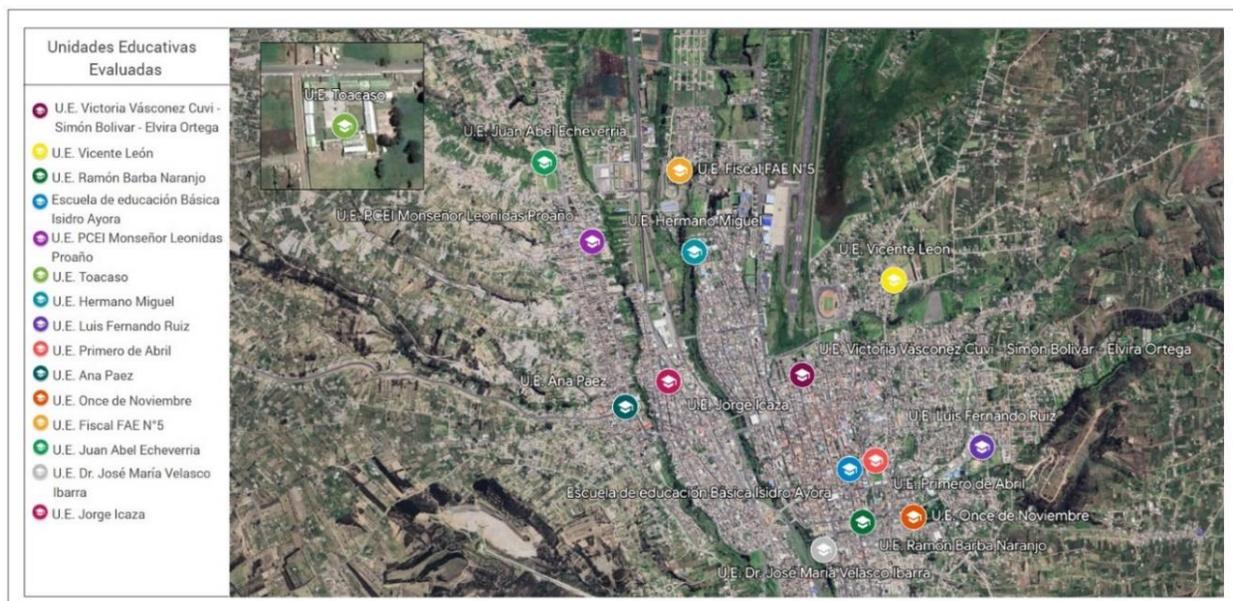
#### *Unidades Educativas evaluadas*

<b>Nombre de Unidad Educativa</b>	<b>Este [m]</b>	<b>Norte [m]</b>	<b>Altitud [m]</b>
U.E Victoria Vásquez Cuví - Simón Bolívar - Elvira Ortega	765272,5	9897335,5	2776
U.E. Vicente León	765979,1	9897997,6	2788
U.E. Ramon Barba Naranjo	765754,9	9896147,8	2769
Escuela de Educación Básica Isidro Ayora	765650,1	9896551,4	2775
U.E. Monseñor Leónidas Proaño	763657,8	9898272,6	2787
U.E. Hermano Miguel	764500,4	9898203,9	2779
U.E. Luis Fernando Ruiz	766665,1	9896730,5	2781
U.E. Toacaso	757857,1	9916226,3	3171
U.E. Primero de Abril	765849,2	9896619,8	2777
U.E. Ana Páez	763923,9	9897011,6	2770
U.E. Once de Noviembre	766144,6	9896191,5	2767
U.E. Fiscal FAE N°5	764325,1	9898823,8	2795
U.E. Juan Abel Echeverría	763284,9	9898872,1	2793
U.E. Dr. José María Velasco Ibarra	765458,1	9895934,5	2760

Nombre de Unidad Educativa	Este [m]	Norte [m]	Altitud [m]
U.E. Jorge Icaza	764253,5	9897208,1	2773

**Figura 11**

*Instituciones educativas Evaluadas en Latacunga*



*Nota.* Recuperado de Google Earth

**Portoviejo**

***Instituciones educativas seleccionadas***

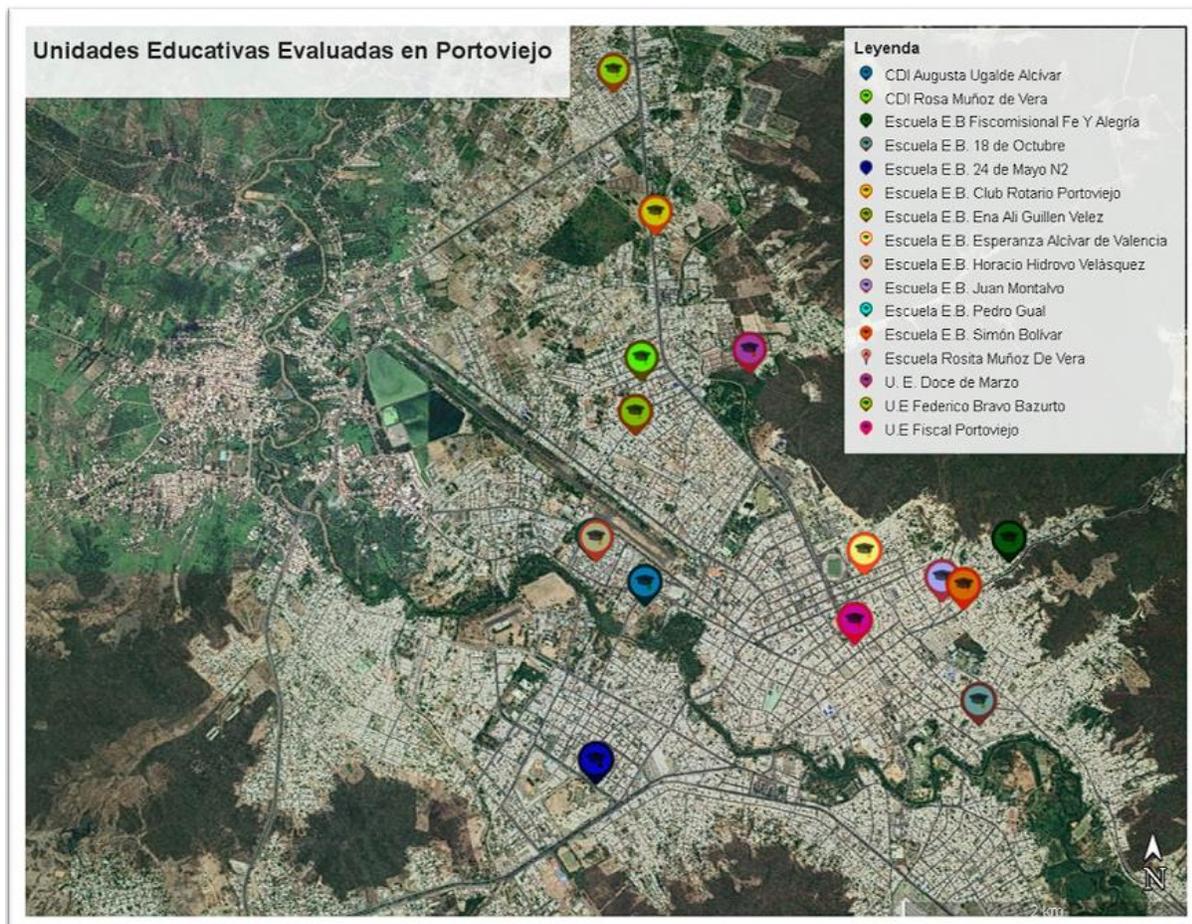
Se llevó a cabo un total de 15 evaluaciones en Instituciones Educativas ubicadas dentro del cantón Portoviejo, utilizando la guía elaborada por (Ballesteros & Caizaguano, 2020) Estas Instituciones educativas, se detallan a continuación:

**Tabla 60***Unidades Educativas Evaluadas en Portoviejo*

<b>Nombre de Unidad Educativa</b>	<b>Este [m]</b>	<b>Norte [m]</b>	<b>Altitud [m]</b>
Escuela de E. B. Fiscomisional Fe y Alegría	562038,67	9884223,42	86
Escuela de E. Básica Simón Bolívar	561677,62	9883921,35	59
Escuela de E. B. Club Rotario Portoviejo	559555,26	9886728,93	36
U.E. Federico Bravo Bazurto	559262,95	9887872,97	30
Escuela de E. Básica 24 de Mayo N2	559018,36	9882693,41	40
U.E. Portoviejo	560885,17	9883665,76	43
Centro de E. Inicial Augusta Ugalde Alcívar	559397,05	9883940,89	37
Escuela de E. B. Esperanza Alcívar de Valencia	560968,09	9884162,63	42
Escuela de E. Básica Juan Montalvo	561553,23	9883957,95	64
Escuela de E. Básica Pedro Gual	559029,54	9884272,11	37
Escuela de E. Básica 18 De Octubre	561719,37	9883098,34	46
Escuela de E. Básica Ena Ali Guillen Vélez	559361,5	9885189,99	39
Unidad Educativa Doce de Marzo	560188,51	9885653,15	67
Centro de E. Inicial Rosa Muñoz de Vera	559419,77	9885592,58	37
Escuela de E. B. Horacio Hidrovo Velásquez	559029,54	9884272,11	37

Figura 12

*Unidades Educativas Evaluadas en Portoviejo*



*Nota.* Imagen Recuperada de Google Earth.

## Resultados

### Ciudad de Sangolquí

Luego de recopilar los datos correspondientes a las 53 instituciones educativas situadas en Sangolquí, se procedió a analizar minuciosamente la información recolectada.

#### **Unidad Educativa Oswaldo Guayasamín**

Tomando nuevamente como referencia la "Unidad Educativa Oswaldo Guayasamín", a continuación, se exponen los resultados obtenidos con relación a la vulnerabilidad, el riesgo sísmico y su respectiva categorización:

#### **Tabla 61**

##### *Datos Generales "U.E. Oswaldo Guayasamín"*

<b>DATOS GENERALES</b>			
<b>Nombre de la Unidad Educativa:</b>	U.E. Oswaldo Guayasamín.		
<b>Dirección:</b>	Av. Inés Gangotena S/N Urbanización Banco Nacional de Fomento		
<b>Sitio de referencia:</b>	Urbanización Banco Nacional de Fomento		
<b>Coordenadas Este:</b>	785194.56	<b>Norte:</b>	9959856.68
<b>Cota de Construcción aproximada</b>	2608	msnm	<b>N° de Edificios:</b> 8

Tabla 62

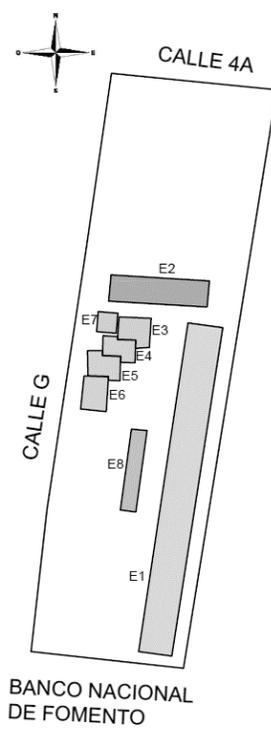
*Descripción de los edificios de la U.E. Oswaldo Guayasamín*

Código  # de Pisos	Dependencias y Descripción	Fotografía
E1 (2)	<p>(1), (2): Aulas</p> <p>Estructura de hormigón armado (C3) de aproximadamente 16 años de construcción, no presenta ningún tipo de irregularidad, pero si una ampliación horizontal con el mismo sistema constructivo y número de pisos, en cuanto a las patologías la estructura 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 ni para salidas de emergencia. En general la estructura tiene un estado de conservación regular.</p>	
E2 (3)	<p>(1), (2), (3): Aulas</p> <p>Estructura de hormigón armado (C3) de aproximadamente 13 años de construcción, no presenta ningún tipo de irregularidad ni ampliación, en cuanto a las patologías la estructura presenta afectaciones tipo I en vigas, columnas y losa, así como</p>	

Código	Dependencias y Descripción	Fotografía
# de Pisos	<p>patologías tipo II en paredes; grietas, fisuras y humedad. La edificación no presenta ningún tipo de aplicación de normativa para accesibilidad inclusiva ni para salidas de emergencia. En general la estructura tiene un estado de conservación bueno.</p>	
E3 (1)	<p>(1): Aulas</p> <p>Estructura prefabricada (MH) de aproximadamente 13 años de construcción, no presenta ningún tipo de irregularidad ni ampliación, la estructura presenta afectaciones tipo I en vigas, columnas y paredes; fisuras y humedad. La edificación no presenta ningún tipo de aplicación de normativa para accesibilidad inclusiva ni para salidas de emergencia. En general la estructura tiene un estado de conservación bueno.</p>	
E4 (2)	<p>(1): Aulas</p> <p>Estructura prefabricada (MH) de aproximadamente 17 años de construcción, no presenta ningún tipo de irregularidad ni ampliación, la estructura presenta afectaciones tipo I en vigas, columnas y paredes; fisuras y humedad. La edificación no presenta ningún tipo de aplicación de normativa para accesibilidad inclusiva ni</p>	

Código	Dependencias y Descripción	Fotografía
# de Pisos	para salidas de emergencia. En general la estructura tiene un estado de conservación bueno al igual que la cubierta.	
E5 (1)	(1): Aulas  Estructura prefabricada (MH), de aproximadamente 17 años de construcción, no presenta ningún tipo de irregularidad ni ampliación, la estructura presenta afectaciones tipo I en vigas y columnas, en las paredes se evidencian patologías tipo II. La edificación no presenta ningún tipo de aplicación de normativa para accesibilidad inclusiva, tampoco tiene salidas de emergencia. En general la estructura tiene un estado de conservación bueno al igual que la cubierta.	
E6 (1)	(1): Aulas  Estructura prefabricada (MH), de aproximadamente 17 años de construcción, no presenta ningún tipo de irregularidad ni ampliación, la estructura presenta afectaciones tipo I en vigas, columnas y paredes. La edificación no presenta ningún tipo de aplicación de normativa para accesibilidad inclusiva, tampoco tiene	

Código	Dependencias y Descripción	Fotografía
# de Pisos	salidas de emergencia. En general la estructura tiene un estado de conservación bueno al igual que la cubierta.	
E7 (1)	<p data-bbox="386 485 570 520">(1): Enfermería</p> <p data-bbox="386 558 1057 1157">Estructura prefabricada (MH), de aproximadamente 25 años de construcción, no presenta ningún tipo de irregularidad ni ampliación, la estructura presenta afectaciones tipo I en vigas, columnas y paredes; fisuras y humedad. La edificación no presenta ningún tipo de aplicación de normativa para accesibilidad inclusiva, no presenta salidas de emergencia. En general la estructura y la cubierta tienen un estado de conservación bueno.</p>	
E8 (1)	<p data-bbox="386 1199 537 1234">(1): Cubierta</p> <p data-bbox="386 1272 1057 1587">Estructura metálica liviana (S3) construida en el 2011, no presenta ningún tipo de irregularidad ni ampliación, la estructura presenta afectaciones tipo I en columnas. En general la cubierta tiene un estado de conservación bueno.</p>	

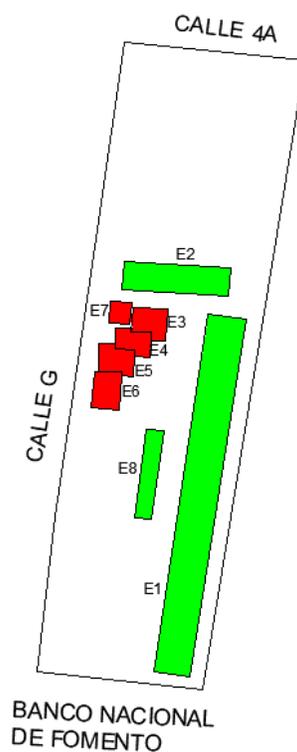
**Figura 13***Esquema "U.E. Oswaldo Guayasamín"***Tabla 63***Descripción de los edificios de la U.E Oswaldo Guayasamín*

Edificio	Uso	V		Elemento de Terreno	V Total
E1	Aulas	39.80	Baja	4 4.68	<b>52.24</b>
E2	Aulas	36.88	Baja	5 5.42	
E3	Aulas	61.65	Alta	4 7.25	
E4	Aulas	61.65	Alta	4 7.25	
E5	Aulas	62.84	Alta	4 7.39	
E6	Aulas	62.55	Alta	4 7.36	
E7	enfermería	60.75	Alta	5 8.93	
E8	Coliseo	33.52	Baja	4 3.94	

De los 8 edificios que conforman la Unidad Educativa Oswaldo Guayasamín, se ha constatado que 5 de ellos exhiben una vulnerabilidad que excede el umbral de 60 puntos. Conforme a las directrices establecidas en la guía de referencia (Ballesteros & Caizaguano, 2020), es imperativo evaluar estos edificios, aplicando el protocolo detallado en el procedimiento FEMA P-154.

**Figura 14**

*Esquema de vulnerabilidad "U.E. Oswaldo Guayasamín"*



**Tabla 64**

*Capacidad de respuesta "U.E. Oswaldo Guayasamín"*

Capacidad de Respuesta [Cr= 63,2]			
60 < Cr < 80	Alto	Mantener el POE. Reuniones esporádicas	X
40 < Cr < 60	Medio	Reformular aspectos relevantes POE	
20 < Cr < 40	Bajo	Reformular completamente o crear POE	

Tabla 65

Riesgo global de la U.E. Oswaldo Guayasamín

Coeficiente de Capacidad		Riesgo Global	Categoría
$Si Cr \leq 50 \rightarrow C = \frac{(Cr + 100) * (V + 240)}{48000}$		$Rg = \frac{Vtotal}{C} * NE$	C
$Si Cr > 50 \rightarrow C = \frac{(Cr + 100) * (170 - V)}{13500}$		X	Estimación del riesgo global moderado alto
C=	1,42	Rg=36,70	

Este proceso fue replicado para las 52 escuelas restantes.

Tabla 66

Resultados de escuelas evaluadas en Sangolquí

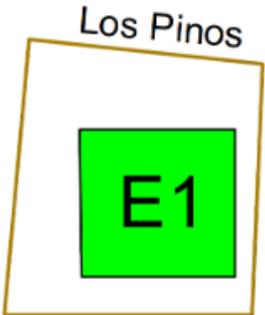
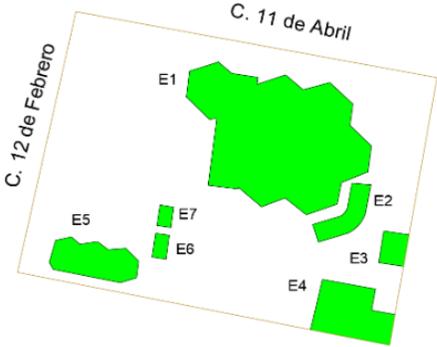
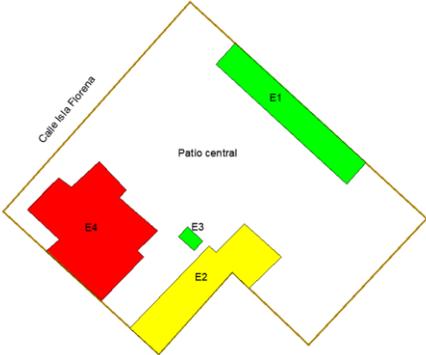
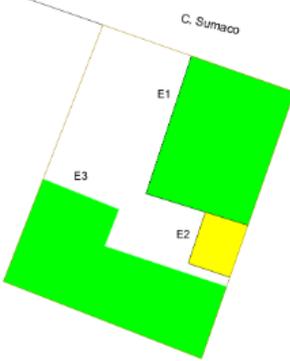
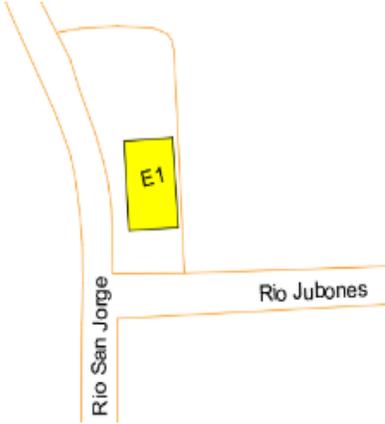
N°	Nombre de la Unidad Educativa	V Total	Cr	Rg	Categoría
1	Alondra y Diuca	35,86	63,20	22,11	B
2	American Basic	32,58	63,20	19,61	B
3	Anatoly Lunacharsky	47,10	63,20	31,70	C
4	Ardillitas del Valle	36,81	63,20	43,60	C
5	Carmen Gaibor de Gonzales	37,35	63,20	23,29	B
6	Carrusel de Niños	61,38	63,20	46,75	D
7	Casita de Juegos	54,29	63,20	38,81	C
8	CDI Alegre Colibrí	60,91	63,20	46,19	D
9	CDI Daniel Goleman	37,43	63,20	23,35	B
10	CDI Miguel de Cervantes	36,93	63,20	22,96	B
11	CDI Municipal Gotitas de Amor	57,72	63,20	42,52	C

<b>N°</b>	<b>Nombre de la Unidad Educativa</b>	<b>V Total</b>	<b>Cr</b>	<b>Rg</b>	<b>Categoría</b>
12	CEI. Happy Children	37,08	63,20	23,07	B
13	Celestin Freinet del Valle	41,55	63,20	26,76	B
14	Charles Babbage	42,67	63,20	27,72	B
15	Darío Figueroa Larco	58,10	63,20	42,94	C
16	Dr. Carlos Cadena	43,07	63,20	20,96	B
17	Dr. Carlos Larco Hidalgo	66,14	63,20	52,68	D
18	ECO. José Mocanda Sánchez	42,67	63,20	27,72	B
19	Educar 2000	61,33	63,20	46,69	D
20	Franciscana la Inmaculada	57,40	63,20	42,17	C
21	Galileo Galilei	52,70	63,20	37,17	C
22	George Mason	49,54	63,20	34,02	C
23	Gotitas del Saber	27,07	63,20	15,67	B
24	Henry Dunant	39,92	63,20	25,39	B
25	Home Sweet Home	39,74	63,20	46,58	D
26	Inés Gangotena Jijón	57,99	63,20	42,82	C
27	Instituto Particular de Educación Especial Virgen de la Merced	57,57	63,20	42,35	C
28	Jacinto Jijón y Caamaño	41,74	63,20	26,92	B
29	Juan Montalvo	60,47	63,20	45,67	D
30	Juan Salinas	53,51	63,20	37,99	C
31	La Pájara Pinta	60,73	63,20	45,98	D
32	Leónidas García	56,10	63,20	40,75	C
33	Leopoldo Mercado	62,43	63,20	48,01	D

<b>N°</b>	<b>Nombre de la Unidad Educativa</b>	<b>V Total</b>	<b>Cr</b>	<b>Rg</b>	<b>Categoría</b>
34	Liceo Juan Mantovani	42,67	63,20	27,72	B
35	Madre de la Divina Gracia	40,80	63,20	26,12	B
36	Maslow	37,21	63,20	23,18	B
37	Mi Aldea Feliz	34,89	63,20	21,36	B
38	Mundo de Juguete	61,87	63,20	47,33	D
39	Mundo Infantil	52,64	63,20	58,98	D
40	Nuevo Mundo en las Manos de Dios	50,22	63,20	34,68	C
41	Oswaldo Guayasamín	52,24	63,20	36,70	C
42	Pequeños Exploradores	62,20	63,20	47,73	D
43	Ramon Gonzáles Artigas	56,79	63,20	41,49	C
44	Roma Kids	61,38	63,20	46,75	D
45	Rotary Club Fe Y Alegría	59,84	63,20	44,94	C
46	San José de Capelo	54,46	63,20	38,99	C
47	San Rafael	53,18	63,20	37,66	C
48	Semillitas de Vida	35,64	63,20	21,94	B
49	Sweet Steps	38,05	63,20	23,86	B
50	Telmo Hidalgo Díaz	35,94	63,20	22,17	B
51	Timoteo	36,39	63,20	22,53	B
52	U.E. Rumiñahui	71,41	63,20	59,91	D
53	Vicente Aguirre	50,59	63,20	35,04	C

Tabla 67

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

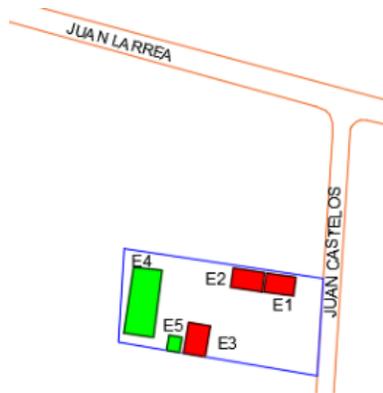
Esquema de Vulnerabilidad	Esquema de Vulnerabilidad
 <p>Los Pinos</p>	 <p>C. 11 de Abril</p> <p>C. 12 de Febrero</p>
Alondra y Diuca	American Basic
 <p>Calle La Pionera</p> <p>Patio central</p>	 <p>C. Sumaco</p>
Anatoly Lunacharsky	Ardillitas del Valle
 <p>San Miguel</p>	 <p>Rio San Jorge</p> <p>Rio Jubones</p>

**Esquema de Vulnerabilidad**

**Esquema de Vulnerabilidad**

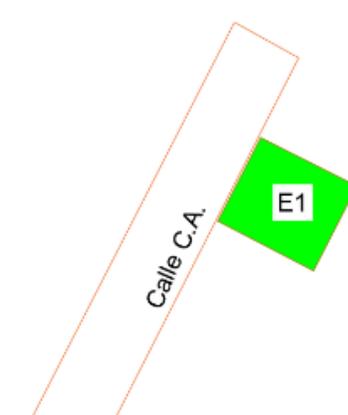
Carmen Gaibor de Gonzales

Carrusel de Niños



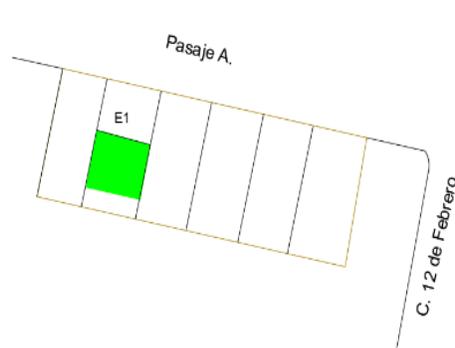
Casita de Juegos

CDI Alegre Colibrí



CDI Daniel Goleman

CDI Miguel de Cervantes

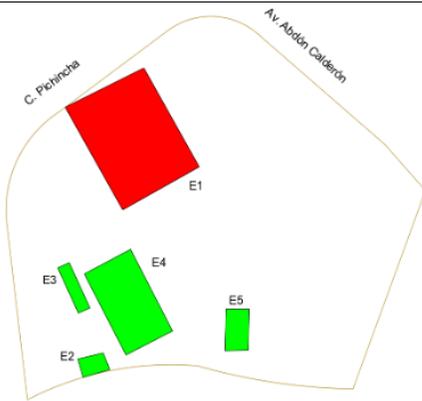


CDI Municipal Gotitas de Amor

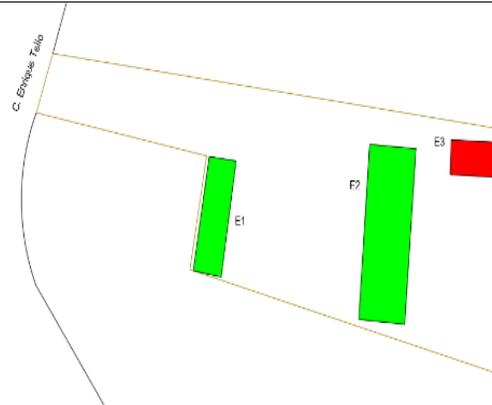
CEI. Happy Children

Esquema de Vulnerabilidad

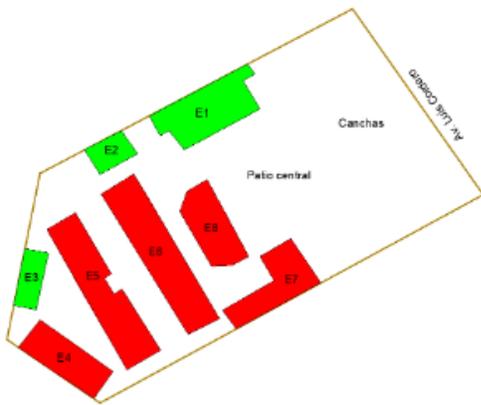
Esquema de Vulnerabilidad



Celestin Freinet del Valle



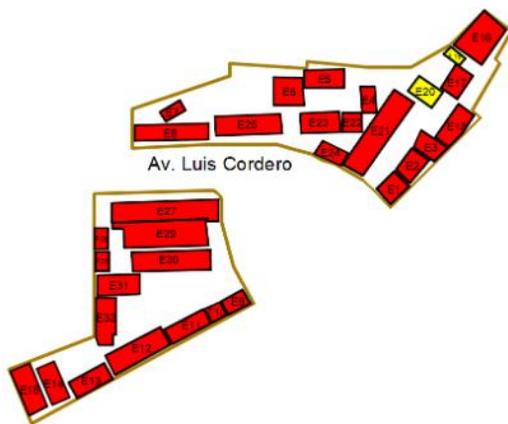
Charles Babbage, ECO. José Mocanda Sánchez,  
Liceo Juan Mantovani



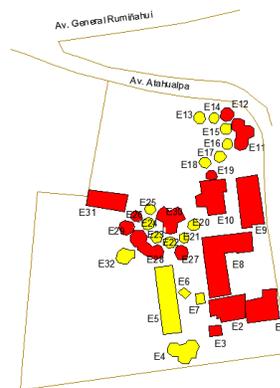
Darío Figueroa Larco



Dr. Carlos Cadena



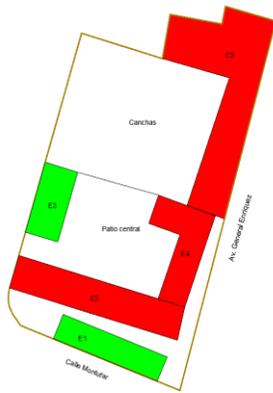
Dr. Carlos Larco Hidalgo



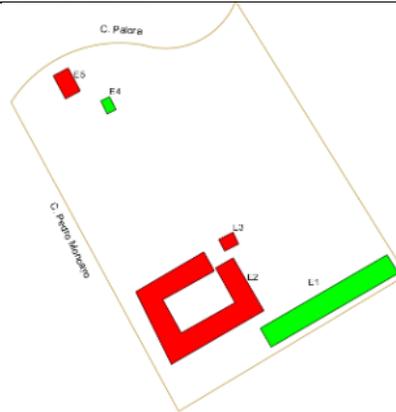
Educar 2000

Esquema de Vulnerabilidad

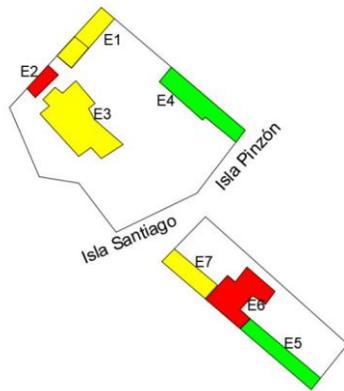
Esquema de Vulnerabilidad



Franciscana la Inmaculada



Galileo Galilei



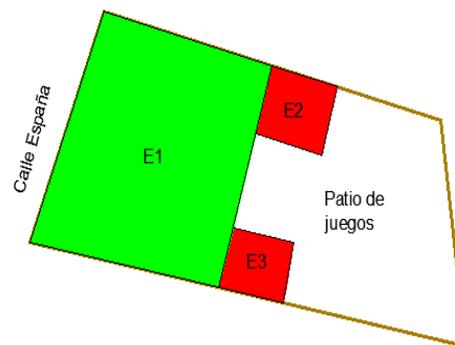
George Mason



Gotitas del Saber



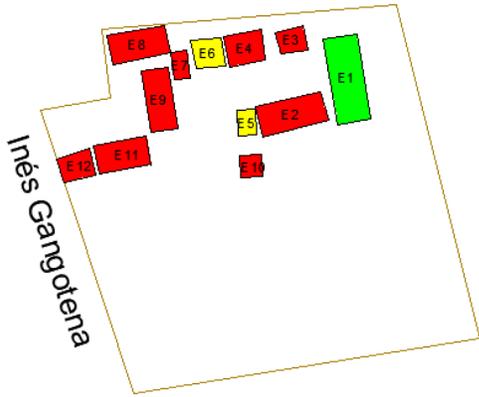
Henry Dunant



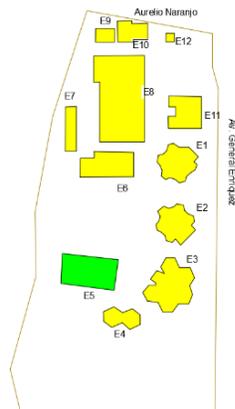
Home Sweet Home

Esquema de Vulnerabilidad

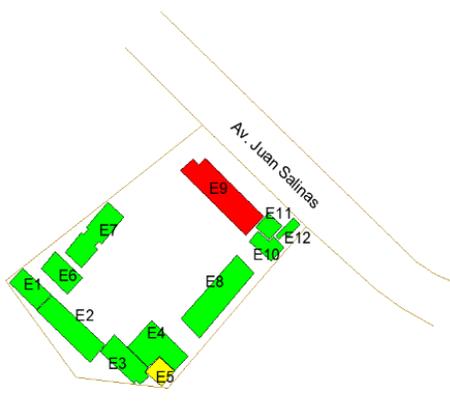
Esquema de Vulnerabilidad



Inés Gangotena Jijón



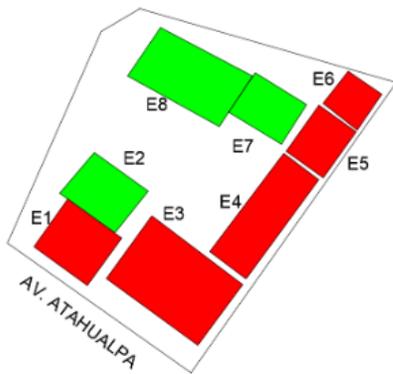
Instituto Particular de Educación Especial Virgen de la Merced



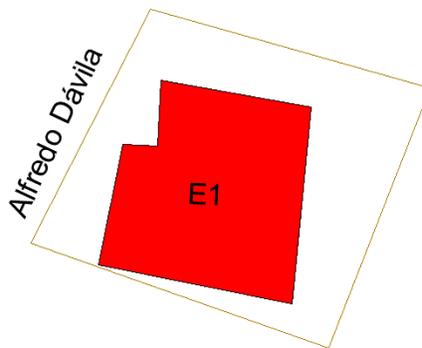
Jacinto Jijón y Caamaño



Juan Montalvo



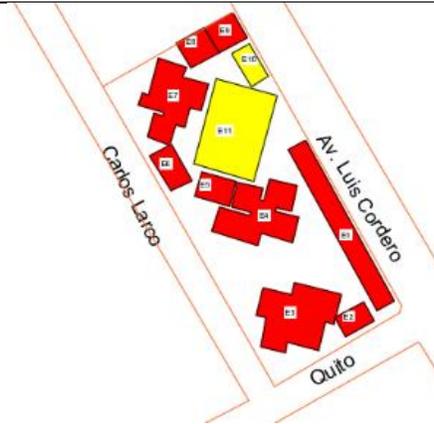
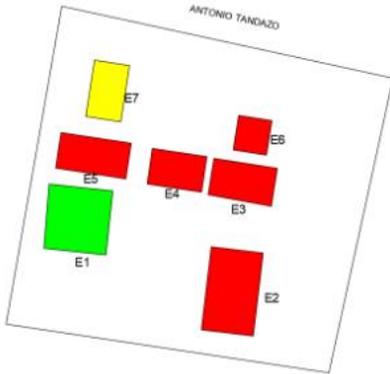
Juan Salinas



La Pájara Pinta

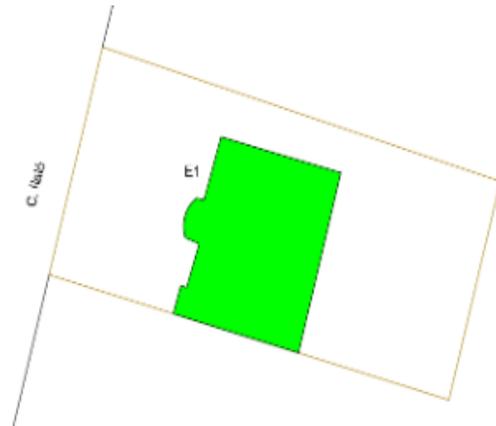
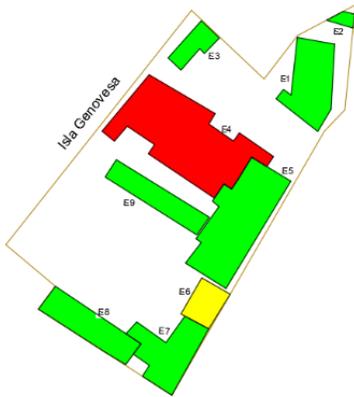
Esquema de Vulnerabilidad

Esquema de Vulnerabilidad



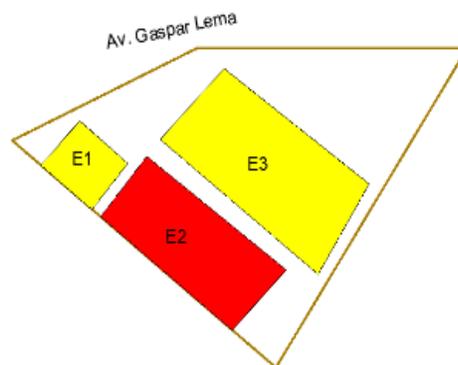
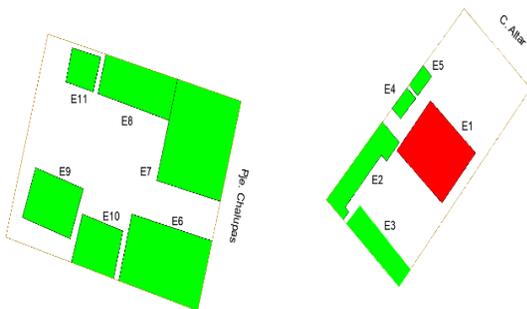
Leónidas García

Leopoldo Mercado



Madre de la Divina Gracia

Maslow

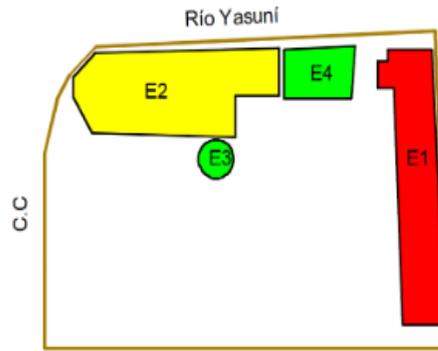
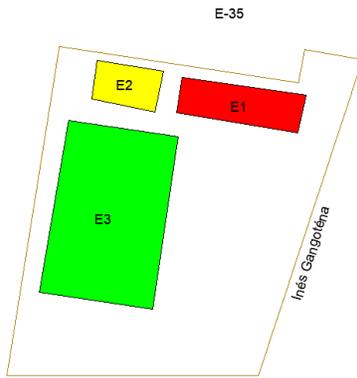


Mi Aldea Feliz

Mundo de Jugete

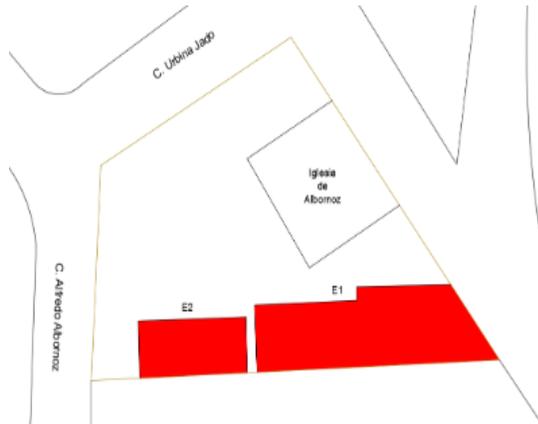
Esquema de Vulnerabilidad

Esquema de Vulnerabilidad



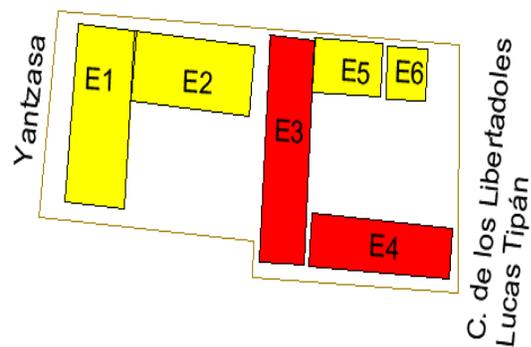
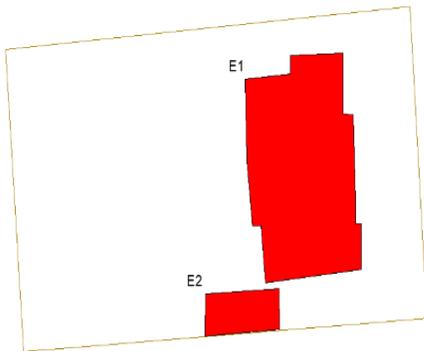
Mundo Infantil

Nuevo Mundo en las Manos de Dios



Pequeños Exploradores

Ramon Gonzáles Artigas

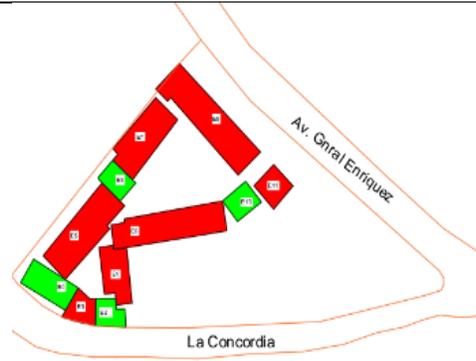
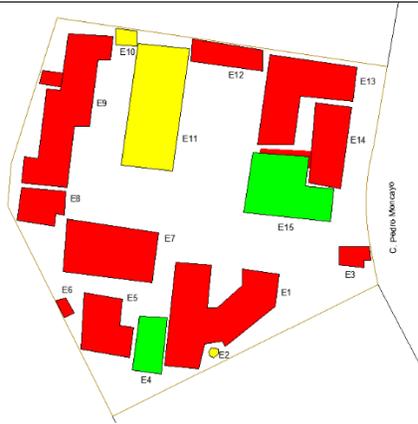


Roma Kids

Rotary Club Fe Y Alegría

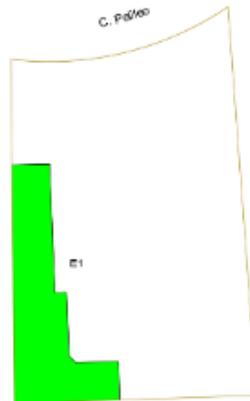
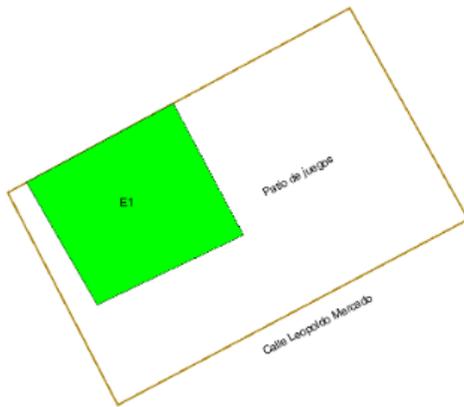
Esquema de Vulnerabilidad

Esquema de Vulnerabilidad



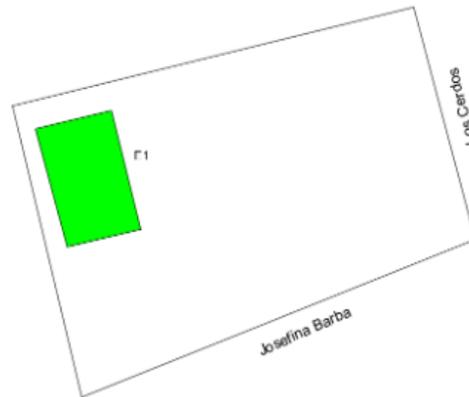
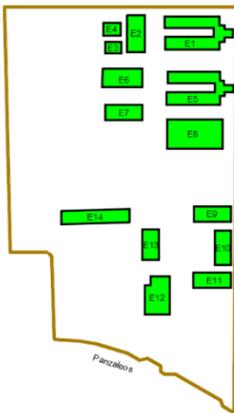
San José de Capelo

San Rafael



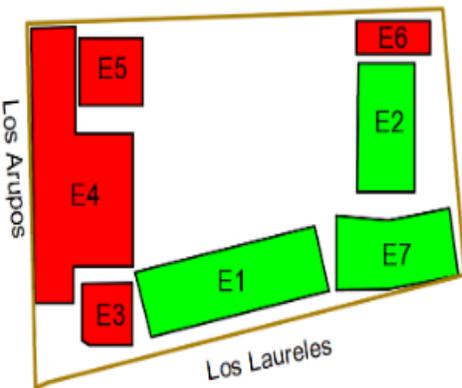
Semillitas de Vida

Sweet Steps



Telmo Hidalgo Díaz

Timoteo

Esquema de Vulnerabilidad	Esquema de Vulnerabilidad
	
U.E. Rumiñahui	Vicente Aguirre

**Tabla 68**

*Año de construcción de edificaciones en Sangolquí*

	NEC 2015	CEC 2000	CEC 77	Sin Norma
<b>N° de edificaciones</b>	19	115	179	38
<b>Porcentaje</b>	5,41%	32,76%	51,00%	10,83%

**Tabla 69**

*Porcentaje de tipo de estructura FEMA en Sangolquí*

Tipo	W1	S3	S5 / MH	MX / URM / C3
<b>N° de edificaciones</b>	19	29	125	178
<b>Porcentaje</b>	5.41%	8.26%	35.61%	50.71%

**Tabla 70***Estado de conservación de edificaciones en Sangolquí*

	<b>Muy bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Deficiente</b>
<b>N° de edificaciones</b>	16	264	70	1
<b>Porcentaje</b>	4.56%	75.21%	19.94%	0.28%

**Tabla 71***Puertas de salida o emergencia de edificaciones en Sangolquí*

	<b>Cumple</b>	<b>No cumple</b>	<b>No aplica</b>
<b>N° de edificaciones</b>	8	335	8
<b>Porcentaje</b>	2.28%	95.44%	2.28%

**Tabla 72***Ventanas de edificaciones en Sangolquí*

	<b>Cumple</b>	<b>No cumple</b>	<b>No aplica</b>
<b>N° de edificaciones</b>	28	312	11
<b>Porcentaje</b>	7.98%	88.89%	3.13%

**Tabla 73***Accesibilidad inclusiva de edificaciones en Sangolquí*

	<b>Cumple</b>	<b>No cumple</b>
<b>N° de edificaciones</b>	24	327
<b>Porcentaje</b>	6.84%	93.16%

**Tabla 74***Categoría de riesgo global en instituciones de Sangolquí*

<b>Categoría</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>N° de instituciones</b>	21	19	13
<b>Porcentaje</b>	39,62%	35,85%	24,53%

**Ciudad de Latacunga**

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

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

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

Tabla 75

*Datos Generales de la U.E. Victoria Vásconez Cuvi – Simón Bolívar – Elvira Ortega*

<b>DATOS GENERALES</b>			
<b>Nombre de la Unidad</b>	U.E. VICTORIA VASCONEZ CUVI - SIMON BOLIVAR - ELVIRA		
<b>Educativa:</b>	ORTEGA		
<b>Dirección:</b>	Calle Quito Y Calixto Pino (Bloque 1 Simón Bolívar)		
	Félix Valencia y Calle Sánchez de Orellana (Bloque 2 Vásconez Cuvi)		
	Félix Valencia y Calle Sánchez de Orellana (Bloque 3 Elvira Ortega)		
<b>Coordenadas</b>		Este	Norte
	Bloque 1	765273,7	9897295,6
	Bloque 2	765272,5	9897335,5
	Bloque 3	765336,3	9897067,5
<b>Fecha de evaluación:</b>	19/ 04/2023		<b>N° de Edificios:</b> 38
<b>Cota de Construcción</b>	Bloque 1	2775 msnm	<b>Jornada:</b> Matutina y
<b>aproximada</b>	Bloque 2	2776 msnm	Vespertina
	Bloque 3	2775 msnm	

Figura 15

Croquis de la U.E. Victoria Vascones Cuvi - Simón Bolívar - Elvira Ortega



Tabla 76

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

Código	Dependencias y Descripción	Fotografía
E1 (3)	(1) Aulas  Construcción de aproximadamente 50 años, de estructura de hormigón armado (C3). Presenta una ampliación horizontal, presenta grietas en sus elementos estructurales.	

Código	Dependencias y Descripción	Fotografía
# de Pisos		
E2 (1)	<p>(1) Baños</p> <p>Construcción de aproximadamente 30 años de antigüedad de hormigón armado (C3). Presenta humedad, agrietamiento y fisuras tanto en paredes como en losa, presenta condiciones de golpeteo.</p>	
E3 (3)	<p>(1) Aulas</p> <p>Construcción de aproximadamente 50 años, estructura de hormigón armado (C3). El edificio presenta humedad, grietas en sus elementos estructurales, la conservación de la edificación, así como su cubierta se considera regular.</p>	
E4 (3)	<p>(1) Aulas</p> <p>Construcción de aproximadamente 40 años con estructura de hormigón armado (C3). El edificio se encuentra en una fila de más de 3 edificios, presenta irregularidad en planta, grietas y fisuras en losas, vigas</p>	
E5 (2)	<p>(1) Aulas</p> <p>Construcción anterior al año 1977, es una estructura tipo (C3). Presenta ampliaciones horizontales, grietas en sus elementos estructurales, humedad en paredes además de grietas. El estado de conservación es Regular.</p>	

Código	Dependencias y Descripción	Fotografía
# de Pisos		
E6 (2)	(1) Aulas Construcción con más de 50 años de construcción es una estructura tipo (C3) que presenta irregularidades en planta, sus columnas presentan grietas por represión de fundación su estado de conservación es regular.	
E7 (2)	(1) Aulas Construcción anterior al año 1977, es una estructura tipo (C3), el edificio se encuentra en una fila de más de 3 edificios. Presenta humedad, grietas y fisuras en sus elementos estructurales.	
E8 (3)	(1) Aulas Construcción anterior al año 1977 de hormigón(C3). Presenta condiciones de adyacencia, grietas en columnas y vigas, grietas en esquinas de paredes y puertas, sus elementos no estructurales interiores presentan una regular colocación.	
E9 (2)	(1) Aulas Construcción entre los años 1977-2000, es una estructura de tipo (C3), el edificio presenta condiciones de adyacencia, irregularidad en planta, grietas en vigas y columnas el estado de conservación se considera regular.	
E10 (3)	(1) Aulas Construcción anterior al año 1977, de hormigón (C3), no presenta irregularidades. presentan, humedad y grietas,	

Código	Dependencias y Descripción	Fotografía
# de Pisos	además presenta una ampliación horizontal y mala colocación de elementos estructurales interiores	
E11 (1)	(1) Auditorio  Construcción entre los años 1977-2000, es una estructura tipo (C3), presenta irregularidades en elevación posee humedad localizada en vigas y paredes. La edificación y la cubierta se encuentra en un buen estado.	
E12 (1)	(1) Aulas(2) Sub. Inspección Construcción anterior al año 1977, es una estructura de hormigón(C3), la edificación presenta fisuras en columnas, grietas en esquinas de puertas y ventanas, posee un estado de conservación de la edificación y cubierta regular.	
E13 (2)	(1) Bar  Estructura de madera (URM) con más de 50 años de construcción, fracturas en vigas, columnas y paredes, cubierta en estado deficiente, cristales rotos, al tener forma de L posee irregularidad en planta con esquinas reentrantes.	
E14 (1)	(1) Baños  Estructura de hormigón armado (C3) con más de 50 años de construcción, presenta fisuras en vigas, columnas y losa, fracturas en paredes, sin acceso inclusivo, al encontrarse junto al coliseo puede ser afectada por golpeteo.	

Código	Dependencias y Descripción	Fotografía
# de Pisos		
E15 (1)	<p>(1) Aulas</p> <p>Estructura de hormigón armado (C3) con más de 50 años de construcción, con columnas para presumible ampliación vertical, presenta fisuras en vigas, columnas y losa, siendo una estructura de buen estado.</p>	
E16 (2)	<p>(1) Sala de Profesores</p> <p>Construcción con más de 50 años, es una estructura de madera(W1), no presenta irregularidades. Con respecto a sus elementos estructurales presentan desgaste, humedad y grietas por lo que su estado general es deficiente y se encuentra en desuso.</p>	
E17 (2)	<p>(1) Laboratorio de Informática</p> <p>(2) Laboratorio de Internet</p> <p>Construcción con más de 50 años, estructura de hormigón armado (C3) que presenta irregularidades en planta además de condiciones de golpeteo en esta estructura se observa en las columnas grietas por represión de fundación.</p>	
E18 (1)	<p>(1) Coliseo Estructura de construcción metálica (S5) con aproximadamente 50 años, cuenta con una sola planta, no tiene irregularidad en planta, presenta fallas en sus elementos (paredes, vigas, columnas) en forma de fisuras, humedad y oxidación.</p>	

Código	Dependencias y Descripción	Fotografía
# de Pisos		
E19 (2)	<p>(1) Laboratorio QQ.BB.</p> <p>(2) Bodegas</p> <p>Construcción con más de 50 años de hormigón armado (C3) que presenta irregularidades en planta, condiciones de golpeteo, sus columnas presentan grietas por insuficiencia de estribos y su cubierta presenta un estado de conservación deficiente.</p>	
E20 (1)	<p>(1) Auditorio</p> <p>Construcción con más de 10 años es, estructura tipo (C3) que presenta irregularidades en planta y elevación, sus columnas presentan grietas por represión de fundación, su estado de conservación es deficiente por lo que está en desuso.</p>	
E21 (3)	<p>(1) Aulas</p> <p>Estructura de construcción de hormigón armado (C3), con aproximadamente 13 años, cuenta con 3 plantas, no tiene irregularidad en planta ni elevación, presenta humedad y fisuras en paredes.</p>	
E22 (1)	<p>(1) Aulas</p> <p>Estructura de construcción mixta (C3) con aproximadamente 50 años, cuenta con una sola planta, presenta patologías en paredes (humedad y fisuras), la cubierta en estado regular, no tiene irregularidad en planta</p>	

Código	Dependencias y Descripción	Fotografía
# de Pisos		
E23 (1)	<p>(1) Baños</p> <p>Construcción con más de 50 años con estructura de hormigón armado (C3) que no presenta irregularidades, las patologías en sus paredes se presentan en las esquinas de ventanas y puertas además se presenta humedad teniendo un estado de conservación bueno.</p>	
E24 (1)	<p>(1) Baños Estructura de construcción de hormigón armado (C3) con aproximadamente 50 años, cuenta con una sola planta, presenta patologías en paredes (humedad y fisuras), la cubierta en estado regular, no tiene irregularidad en planta.</p>	
E25 (1)	<p>(1) Oficinas</p> <p>Estructura de construcción hormigón armado (C3) con aproximadamente 50 años, cuenta con una sola planta, presenta patologías en paredes (humedad y fisuras), la cubierta en estado regular, no tiene irregularidad en planta.</p>	
E26 (1)	<p>(1) Coliseo</p> <p>Estructura de marco de acero (S5) con aproximadamente 50 años, cuenta con una sola planta, presenta patologías en paredes (humedad y fisuras), la cubierta en estado regular, no tiene irregularidad en planta. Vigas con oxidación al igual que sus columnas</p>	

Código	Dependencias y Descripción	Fotografía
# de Pisos		
E27 (2)	(1) Oficinas  Estructura de hormigón armado(C3) con aproximadamente 50 años, cuenta con dos plantas, presenta patologías en paredes (humedad y fisuras), no tiene irregularidad en planta.	
E28 (1)	(1) Aulas  Estructura de construcción hormigón armado (C3) con aproximadamente 50 años, cuenta con una sola planta, presenta patologías en paredes (humedad y fisuras), la cubierta en estado regular, no tiene irregularidad en planta.	
E29 (1)	(1)Baños  Estructura de hormigón armado (C3) con aproximadamente 13 años, cuenta con una sola planta, presenta patologías en paredes (humedad y fisuras), losa en buen estado, no tiene irregularidad en planta, ni ampliaciones	
E30 (1)	(1) Bar  (2) Aulas Educación Básica  Construcción con más de 50 años, es una estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada (S5) que presenta ampliaciones horizontales con igual sistema constructivo sus columnas presentan degradación de madera teniendo un estado de conservación regular.	

Código	Dependencias y Descripción	Fotografía
# de Pisos		
E31 (1)	(1) Aulas  Estructura de construcción hormigón armado (C3) con aproximadamente 50 años, cuenta con una sola planta, presenta patologías en paredes (humedad y fisuras), la cubierta en estado regular, no tiene irregularidad en planta.	
E32 (1)	(1) Aulas inicial  Estructuras prefabricada (MH) con aproximadamente 8 años de construcción, con una sola planta, presenta fisura y oxidación en vigas y columnas, manteniéndose en buen estado.	
E33 (1)	(1) Baños  Construcción con más de 50 años con estructura de hormigón armado (C3) que no presenta irregularidades sus columnas presentan grietas por represión de fundación teniendo un estado de conservación regular.	
E34 (1)	(1) Aulas Educación Básica  Construcción con más de 50 años, es una estructura de hormigón armado(C3) que presenta ampliaciones horizontales, sus columnas presentan degradación parcial teniendo un estado de conservación regular.	

Código	Dependencias y Descripción	Fotografía
# de Pisos		
E35 (1)	<p>(1) Aulas Educación Básica</p> <p>Construcción con más de 50 años, es una estructura de madera(W1) que presenta ampliaciones horizontales, sus columnas presentan degradación grave teniendo un estado de conservación deficiente.</p>	
E36 (1)	<p>(1) Baños Inicial Construcción con más de 50 años con estructura de hormigón armado (C3), sus columnas presentan grietas por sobrecarga teniendo un estado de conservación regular con deficiente implementación de normas de accesibilidad inclusiva</p>	
E37 (1)	<p>(1) Aulas Educación Inicial</p> <p>Construcción con más de 50 años es una estructura de hormigón armado (C3) posee irregularidad en planta y ampliaciones horizontales, presenta patologías en columnas y vigas en forma de grietas teniendo un estado de conservación deficiente.</p>	
E38 (1)	<p>(1) Aulas Inicial (2) Comedor</p> <p>Construcción con más de 15 años es una estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada(S5) no posee irregularidades, no presenta patologías en sus elementos estructurales teniendo un estado de conservación Muy bueno</p>	

**Tabla 77***Vulnerabilidad Total de la U.E. Victoria Vascones Covi - Simón Bolívar - Elvira Ortega*

<b>Edificio</b>	<b>Uso</b>	<b>V</b>		<b>Elemento de Terreno</b>		<b>V Total</b>
E1	Aulas	71,88	Alta	6	2,78	<b>64,82</b>
E2	Baños	63,79	Alta	2	0,82	
E3	Aulas	70,62	Alta	5	2,28	
E4	Aulas	70,83	Alta	5	2,28	
E5	Aulas	74,63	Alta	6	2,89	
E6	Aulas	70,62	Alta	5	2,28	
E7	Aulas	70,83	Alta	4	1,83	
E8	Oficinas	70,66	Alta	4	1,82	
E9	Aulas	67,42	Alta	3	1,30	
E10	Aulas	71,71	Alta	6	2,78	
E11	Aulas	62,82	Alta	5	2,03	
E12	Aulas	70,63	Alta	5	2,28	
E13	Aulas	76,10	Alta	3	1,47	
E14	Baños	72,73	Alta	3	1,41	
E15	Aulas	73,09	Alta	3	1,41	
E16	Aulas	71,82	Alta	3	1,39	
E17	Laboratorio	73,55	Alta	4	1,90	
E18	Coliseo	72,63	Alta	5	2,34	
E19	Laboratorio	72,47	Alta	4	1,87	
E20	Coliseo	43,00	Media	4	1,11	

<b>Edificio</b>	<b>Uso</b>	<b>V</b>		<b>Elemento de Terreno</b>	<b>V Total</b>
E21	Aulas	36,89	Baja	6	1,43
E22	Aulas	69,91	Alta	5	2,26
E23	Baño	71,05	Alta	2	0,92
E24	Baños	69,46	Alta	2	0,90
E25	Oficinas	70,12	Alta	5	2,26
E26	Coliseo	69,66	Alta	6	2,70
E27	Oficinas	70,11	Alta	4	1,81
E28	Aulas	69,94	Alta	5	2,26
E29	Aulas	36,68	Baja	4	0,95
E30	Aula	71,44	Alta	4	1,84
E31	Aulas	36,68	Baja	4	0,95
E32	Aulas	25,49	Baja	5	0,82
E33	Baños	72,73	Alta	2	0,94
E34	Aulas	73,06	Alta	4	1,89
E35	Bodega	72,34	Alta	1	0,47
E36	Baños	69,58	Alta	2	0,90
E37	Aulas	74,02	Alta	5	2,39
E38	Comedor	34,24	Baja	4	0,88

De los 38 edificios que componen la Unidad Educativa Victoria Vascones Covi - Simón Bolívar - Elvira Ortega, se ha determinado que 32 poseen una vulnerabilidad que supera el umbral de 60 puntos de vulnerabilidad. De acuerdo a las directrices establecidas en la guía de (Ballesteros & Caizaguano,

2020), estos edificios deben ser evaluados de una manera detallada mediante el procedimiento FEMA P-154.

**Figura 16**

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



**Tabla 78**

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

Capacidad de Respuesta [Cr= 63,2]			
60 < Cr < 80	Alto	Mantener el POE. Reuniones esporádicas	X
40 < Cr < 60	Medio	Reformular aspectos relevantes POE	
20 < Cr < 40	Bajo	Reformular completamente o crear POE	

**Tabla 79**

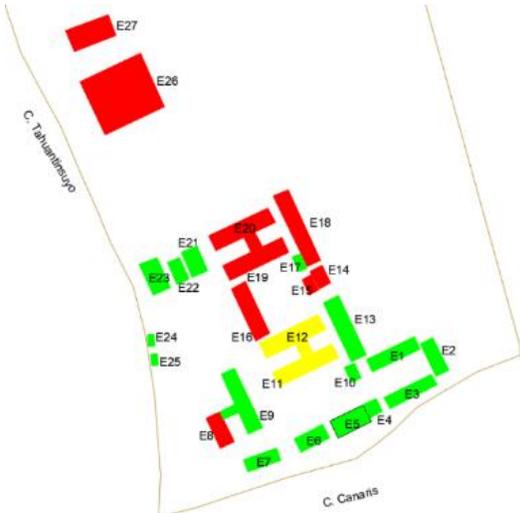
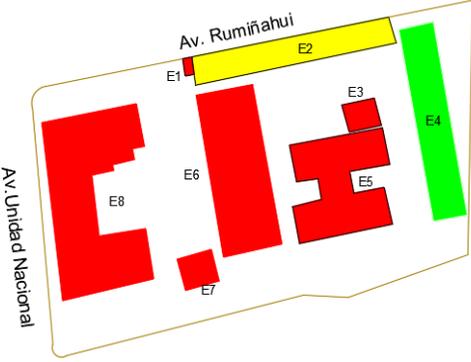
*Riesgo global de la U.E. Victoria Vascones Cuvi - Simón Bolívar - Elvira Ortega*

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

Para las 14 escuelas restantes, se aplicó el mismo procedimiento detallado previamente, dando lugar a los resultados que se presentan a continuación.

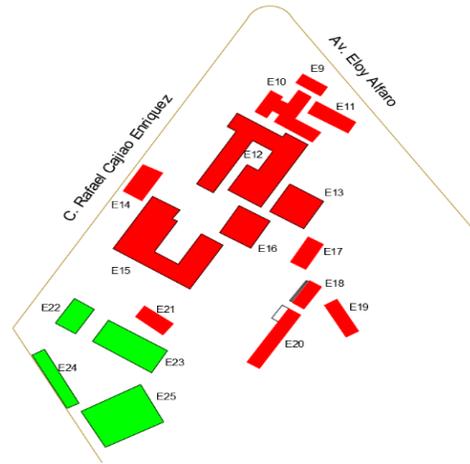
**Tabla 80**

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

Esquema de Vulnerabilidad	Esquema de Vulnerabilidad
Unidad Educativa Vicente León 	Unidad Educativa Ramon Barba Naranjo 

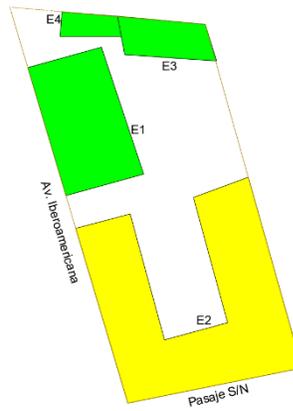
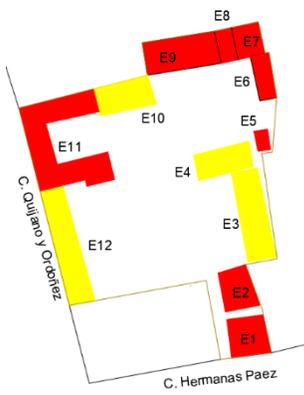
Esquema de Vulnerabilidad

Esquema de Vulnerabilidad



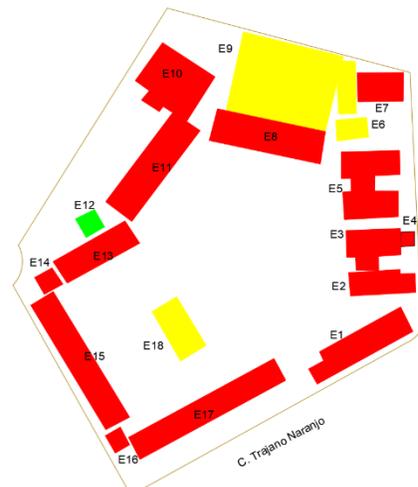
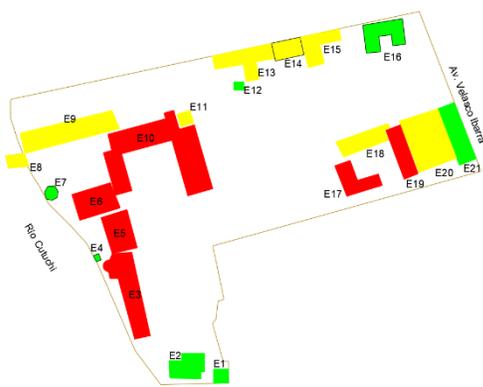
Escuela de Educación Básica Isidro Ayora

Unidad Educativa Monseñor Leónidas Proaño



Unidad Educativa Hermano Miguel

Unidad Educativa Luis Fernando Ruiz

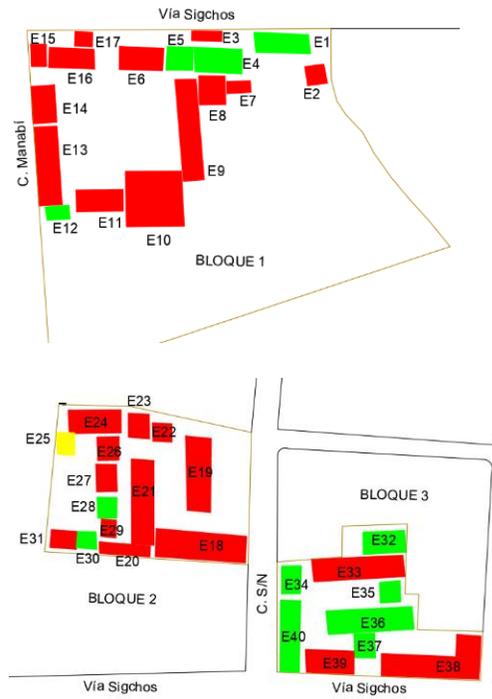


**Esquema de Vulnerabilidad**

**Esquema de Vulnerabilidad**

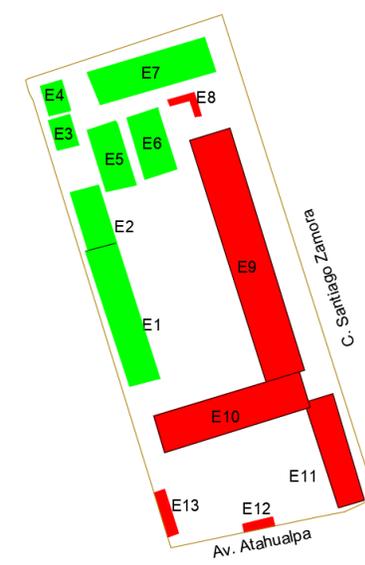
Unidad Educativa Toacaso

Unidad Educativa Primero de Abril



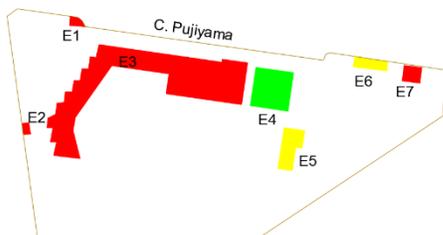
Unidad Educativa Ana Páez

Unidad Educativa Once de Noviembre



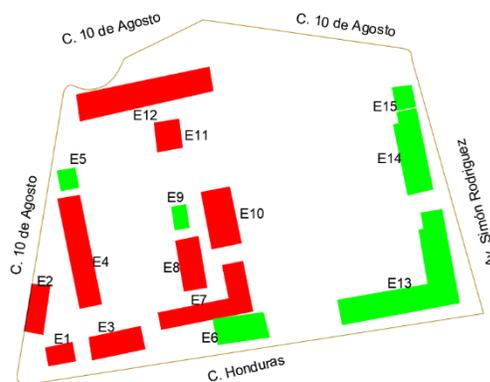
## Esquema de Vulnerabilidad

Unidad Educativa Fiscal FAE N°5



## Esquema de Vulnerabilidad

Unidad Educativa Juan Abel Echeverria



Unidad Educativa Dr Jose Velasco Ibarra



Unidad Educativa Jorge Icaza

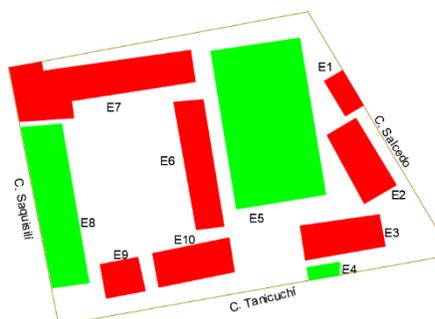


Tabla 81

Resultados de las escuelas evaluadas en la ciudad de Latacunga

N°	Nombre de Unidad Educativa	V total	Cr	C	Rg	Categoría
1	U.E Victoria Vásquez Cuví - Simón Bolívar - Elvira Ortega	64,82	63,20	1,04	62,54	D
2	Unidad Educativa Vicente León	47,51	63,20	0,98	48,60	D
3	Unidad Educativa Ramon Barba Naranjo	57,31	63,20	1,01	56,70	D
4	Escuela de Educación Básica Isidro Ayora	54,36	63,20	1,00	54,31	D

N°	Nombre de Unidad Educativa	V total	Cr	C	Rg	Categoría
5	Unidad Educativa Monseñor Leónidas Proaño	39,62	63,20	0,95	41,68	C
6	Unidad Educativa Hermano Miguel	51,32	63,20	0,99	51,81	D
7	Unidad Educativa Luis Fernando Ruiz	60,02	63,20	1,02	58,84	D
8	Unidad Educativa Toacaso	55,12	63,20	1,00	54,93	D
9	Unidad Educativa Primero de Abril	55,13	63,20	1,00	54,94	D
10	Unidad Educativa Ana Páez	46,41	63,20	0,97	47,66	D
11	Unidad Educativa Once de Noviembre	47,82	63,20	0,98	48,87	D
12	Unidad Educativa Fiscal FAE N°5	54,65	63,20	1,00	54,55	D
13	Unidad Educativa Juan Abel Echeverria	52,41	63,20	0,99	52,71	D
14	Unidad Educativa Dr. José María Velasco Ibarra	51,11	63,20	0,99	51,63	D
15	Unidad Educativa Jorge Icaza	58,01	63,20	1,01	57,25	D

**Tabla 82**

*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	101	118	53
<b>Porcentaje</b>	4,23%	35,56%	41,55%	18,66%

**Tabla 83***Porcentajes de tipo de estructuras*

	Tipo de estructura					
	W1	S5	C3	MX	URM	MH
<b>N° de Edificios</b>	2	87	173	10	6	6
<b>Porcentaje</b>	0,70%	30,63%	60,92%	3,52%	2,11%	2,11%

**Tabla 84***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>	8	148	110	18
<b>Porcentaje</b>	2,82%	52,11%	38,73%	6,34%

**Tabla 85***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>	8	276
<b>Porcentaje</b>	2,82%	97,18%

**Tabla 86**

*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>	5	279
<b>Porcentaje</b>	1,76%	98,24%

**Tabla 87**

*Porcentajes de categoría de Unidades educativas según Riesgo Global*

<b>Categoría</b>		
	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>N° de Instituciones</b>	1	14
<b>Porcentaje</b>	6,67%	93,33%

### **Ciudad de Portoviejo**

Se procedió a realizar el análisis de vulnerabilidad para cada una de las escuelas mencionadas previamente. Este análisis abarcó la evaluación de la vulnerabilidad por estructura, la vulnerabilidad total de la institución, así como su clasificación en función del riesgo global. Los resultados obtenidos para cada escuela se presentan detalladamente a continuación:

#### **Unidad Educativa Fiscal Portoviejo**

La unidad Educativa Fiscal Portoviejo se encuentra ubicada entre la Av. José María Urbina y Francisco de P. Moreira conformada por un solo bloque con 16 edificios en total.

Tabla 88

*Datos Generales de la U.E Fiscal Portoviejo*

DATOS GENERALES			
<b>Nombre de la Unidad Educativa:</b>	Unidad Educativa Fiscal Portoviejo		
<b>Dirección:</b>	Av. José María Urbina y Francisco de P Moreira		
<b>Sitio de referencia:</b>	Parque Eloy Alfaro		
<b>Coordenadas:</b>	Este: 560885.17	Norte:	9883665.76
<b>Fecha de evaluación:</b>	24/7/2023	<b>N° de Edificios:</b>	16
<b>Cota de Construcción aproximada</b>	43 msnm	<b>Jornada:</b>	Matutina

Figura 17

*Croquis de la Unidad Educativa Fiscal Portoviejo*

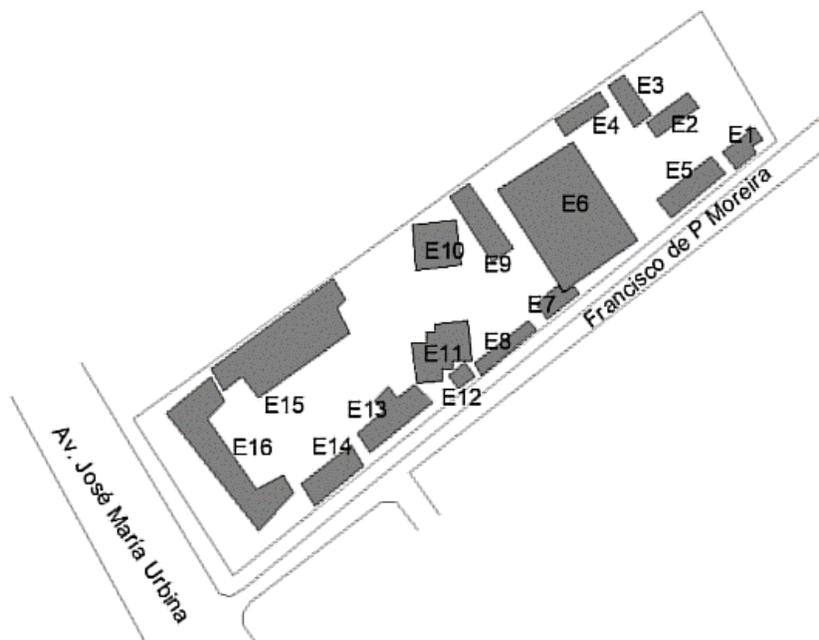


Tabla 89

*Descripción de los edificios de la U.E Fiscal Portoviejo*

Código	Dependencias y Descripción	Fotografía
<b># de Pisos</b>		
E1 (1)	<p>(1): Bodega</p> <p>Construcción aprox. 12 años. Estructura de hormigón armado (C3). Grietas verticales en fachadas, humedad localizada. Estado de la edificación y cubierta deficiente.</p> <p>Inclusividad no implementada.</p>	
E2 (1)	<p>(1): Aulas</p> <p>Construcción en el año 2016. Estructura prefabricada (MH). Estado de la edificación y cubierta bueno.</p> <p>Inclusividad no implementada.</p>	
E3 (1)	<p>(1): Aulas</p> <p>Construcción en el año 2016. Estructura prefabricada (MH). Estado de la edificación y cubierta bueno.</p> <p>Inclusividad no implementada.</p>	
E4 (1)	<p>(1) Aulas</p> <p>(1): Aulas</p> <p>Construcción en el año 2016. Estructura prefabricada (MH). Estado de la edificación y cubierta bueno.</p> <p>Inclusividad no implementada.</p>	

Código	Dependencias y Descripción	Fotografía
# de Pisos		
E5 (1)	<p>(1): Aulas</p> <p>Construcción en el año 2016. Estructura prefabricada (MH). Estado de la edificación y cubierta bueno.</p> <p>Inclusividad no implementada.</p>	
E6 (1)	<p>(1): Cubierta de canchas</p> <p>Construcción aprox. 14 años. Estructura de acero liviana (S3). Patologías en vigas del tipo I, columnas tipo II metálicas. Estado de la edificación y cubierta bueno. Inclusividad no implementada.</p>	
E7 (1)	<p>(1): Oficinas de profesores</p> <p>Construcción aprox. 15 años. Estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada (S5). Presenta esquinas reentrantes. Grietas verticales en fachadas y en esquinas de ventanas y puertas, estado de la edificación y cubierta regular. Inclusividad deficiente.</p>	
E8 (1)	<p>(1): Aula de arte</p> <p>Construcción aprox. 9 años. Estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada (S5). Presenta esquinas reentrantes. Grietas verticales en fachadas y en esquinas de ventanas y puertas, estado de la edificación y cubierta regular. Inclusividad deficiente.</p>	

Código	Dependencias y Descripción	Fotografía
# de Pisos		
E9 (3)	<p>(1): Laboratorios</p> <p>Construcción aprox. de 15 años. Estructura (C3).</p> <p>Grietas inclinadas en fachadas, humedad localizada.</p> <p>Patologías visibles en columnas, vigas y losas. Estado de la edificación y cubierta buena. Inclusividad deficiente.</p>	
E10 (1)	<p>(1): Aulas</p> <p>Construcción aprox. de 46 años. Estructura (C3).</p> <p>Grietas en esquinas de ventanas y puertas, humedad localizada. Patologías visibles vigas. Estado de la edificación y cubierta buena. Inclusividad deficiente.</p>	
E11 (2)	<p>(1): Aulas</p> <p>Construcción aprox. de 46 años. Estructura (C3).</p> <p>Grietas verticales en fachadas. Desprendimiento de recubrimiento e columnas. Estado de la edificación y cubierta regular. Inclusividad deficiente.</p>	
E12 (1)	<p>(1) Baños</p> <p>Construcción aprox. de 46 años. Estructura (C3).</p> <p>Grietas en esquinas de ventanas y puertas, humedad localizada. Patologías en columnas y losas visibles.</p> <p>Estado de la edificación y cubierta regular. Inclusividad deficiente.</p>	

Código	Dependencias y Descripción	Fotografía
# de Pisos		
E13 (3)	<p>(1): Aulas</p> <p>Construcción aprox. de 10 años. Estructura de hormigón armado (C3). Edificio adyacente. Desnivel de más de 60cm. Grietas en esquinas de ventanas y puertas, humedad localizada Estado de la edificación y cubierta bueno. Inclusividad no implementada.</p>	
E14 (2)	<p>(1): Aulas</p> <p>Construcción aprox. de 20 años. Estructura de hormigón armado (C3). Grietas en esquinas de ventanas y puertas, humedad localizada. Patologías en vigas, losas y columnas visibles. Estado de la edificación bueno y cubierta regular. Inclusividad no implementada.</p>	
E15 (1)	<p>(1): Salón de actos y Coliseo</p> <p>Construcción aprox. de 30 años. Estructura de hormigón armado y acero (MX). Grietas en esquinas de ventanas y puertas, humedad localizada. Patologías en vigas, losas y columnas visibles. Estado de la edificación regular y cubierta deficiente. Inclusividad no implementada.</p>	

Código	Dependencias y Descripción	Fotografía
<b># de Pisos</b>		
E16 (2)	(1) Oficinas y Aulas  Construcción aprox. de 30 años. Estructura de hormigón armado y acero y madera (MX). Grietas en esquinas de ventanas y puertas, humedad localizada. Patologías en losas y columnas visibles. Estado de la edificación bueno y cubierta regular. Inclusividad no implementada.	

**Tabla 90**

*Vulnerabilidad Total de la U.E. Fiscal Portoviejo*

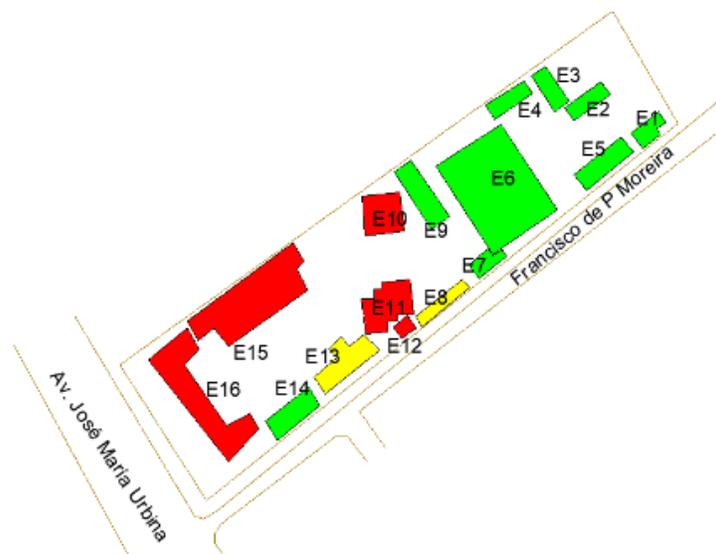
Edificio	Uso	V		Elemento de Terreno	V Total	
E1	Bodega	38.31	Baja	1	0.49	<b>45.36</b>
E2	Aulas	25.68	Baja	5	1.65	
E3	Aulas	25.68	Baja	5	1.65	
E4	Aulas	25.68	Baja	5	1.65	
E5	Aulas	25.68	Baja	5	1.65	
E6	Coliseo	35.31	Baja	6	2.72	
E7	Oficinas	37.02	Baja	3	1.42	
E8	Aulas	42.31	Media	4	2.17	
E9	Laboratorios	37.97	Baja	6	2.92	
E10	Aulas	69.57	Alta	6	5.35	
E11	Aulas	71.23	Alta	6	5.48	

Edificio	Uso	V		Elemento de Terreno	V Total
E12	Baños	69.79	Alta	3	2.68
E13	Aulas	40.78	Media	6	3.14
E14	Aulas	38.65	Baja	6	2.97
E15	Coliseo	63.04	Alta	6	4.85
E16	Aulas	71.45	Alta	5	4.58

De los 16 edificios que componen forman parte de la Unidad Educativa Fiscal Portoviejo, se ha determinado que 5 poseen una vulnerabilidad considerable ya que superan los 60 puntos de vulnerabilidad. De acuerdo a los parámetros establecidos en la guía de (Ballesteros & Caizaguano, 2020) estos deben ser evaluados minuciosamente mediante el procedimiento FEMA P-154.

### Figura 18

*Esquema de Vulnerabilidad de la Unidad Educativa Fiscal Portoviejo*



*Nota.* La figura muestra el esquema de vulnerabilidad alto, medio y bajo de la Unidad Educativa Fiscal Portoviejo.

**Tabla 91**

*Capacidad de respuesta de la U.E. Fiscal Portoviejo*

<b>Capacidad de Respuesta [Cr= 57,6]</b>		
60 < Cr < 80	Alto	Mantener el POE. Reuniones esporádicas
40 < Cr < 60	Medio	Reformular aspectos relevantes POE <b>X</b>
20 < Cr < 40	Bajo	Reformular completamente o crear POE

**Tabla 92**

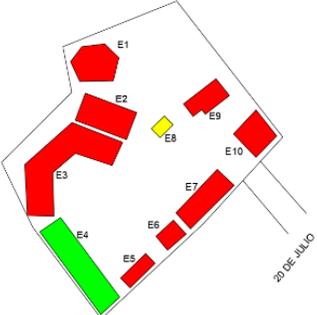
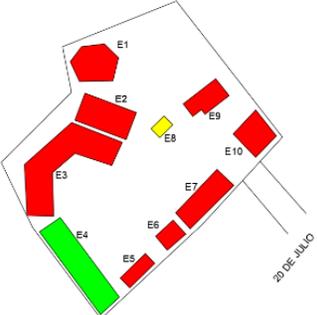
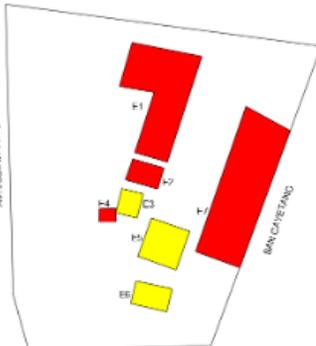
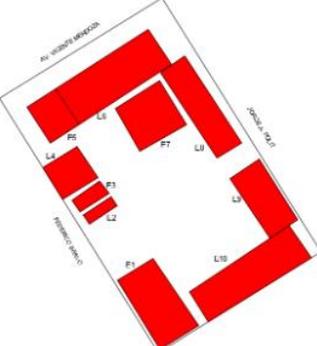
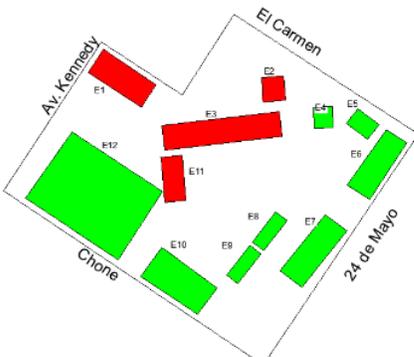
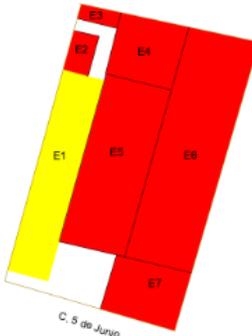
*Riesgo Global de la de la U.E. Fiscal Portoviejo*

<b>Coeficiente 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= 0,94	Rg=48,41	

Para las 14 escuelas restantes se realizó el mismo procedimiento detallado previamente, dando lugar a los resultados que se presentan a continuación.

**Tabla 93**

*Esquemas de Vulnerabilidad de las Edificaciones de la U.E. Fiscal Portoviejo*

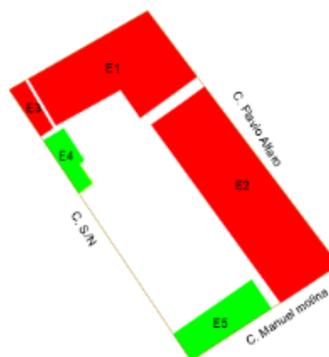
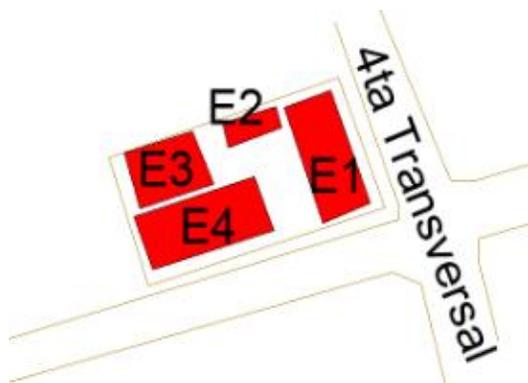
Esquema de Vulnerabilidad	Esquema de Vulnerabilidad
<p data-bbox="228 443 808 478">Escuela de E. B. Fiscomisional Fe y Alegría</p> 	<p data-bbox="815 443 1385 478">Escuela de E. Básica Simón Bolívar</p> 
<p data-bbox="228 884 808 919">Escuela de E. B. Club Rotario Portoviejo</p> 	<p data-bbox="815 884 1385 919">U.E. Federico Bravo Bazurto</p> 
<p data-bbox="228 1346 808 1381">Escuela de E. Básica 24 de Mayo N2</p> 	<p data-bbox="815 1346 1385 1381">Centro de E. Inicial Augusta Ugalde Alcívar</p> 

**Esquema de Vulnerabilidad**

**Esquema de Vulnerabilidad**

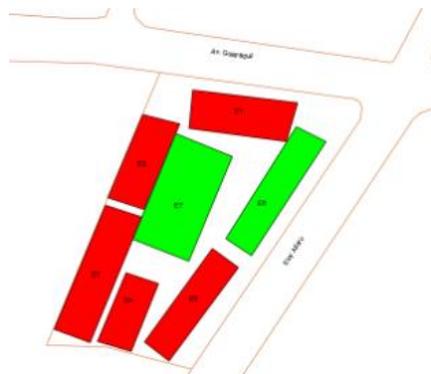
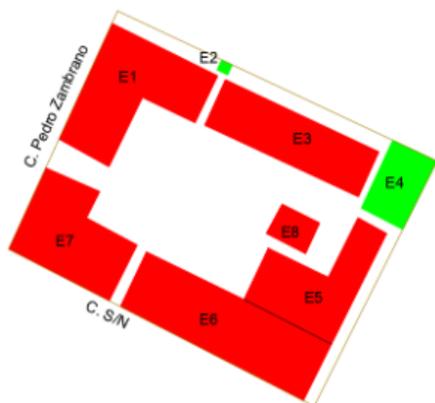
Escuela de E. B. Esperanza Alcívar de Valencia

Escuela de E. Básica Juan Montalvo



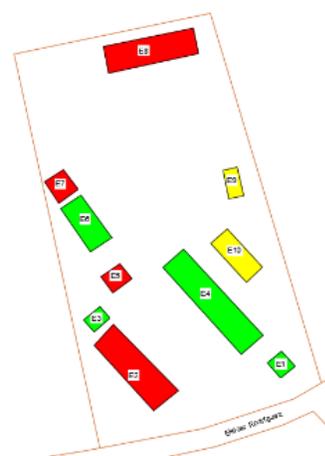
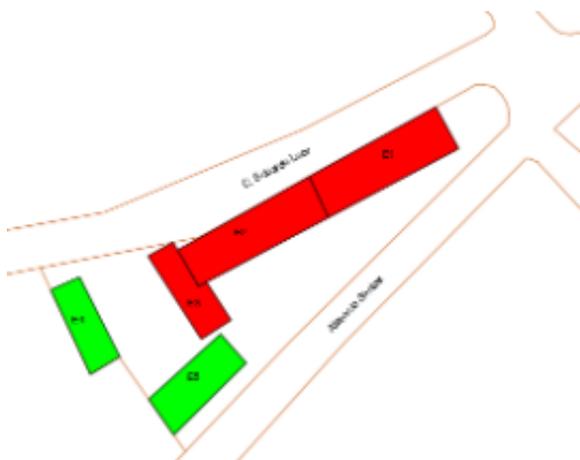
Escuela de E. Básica Pedro Gual

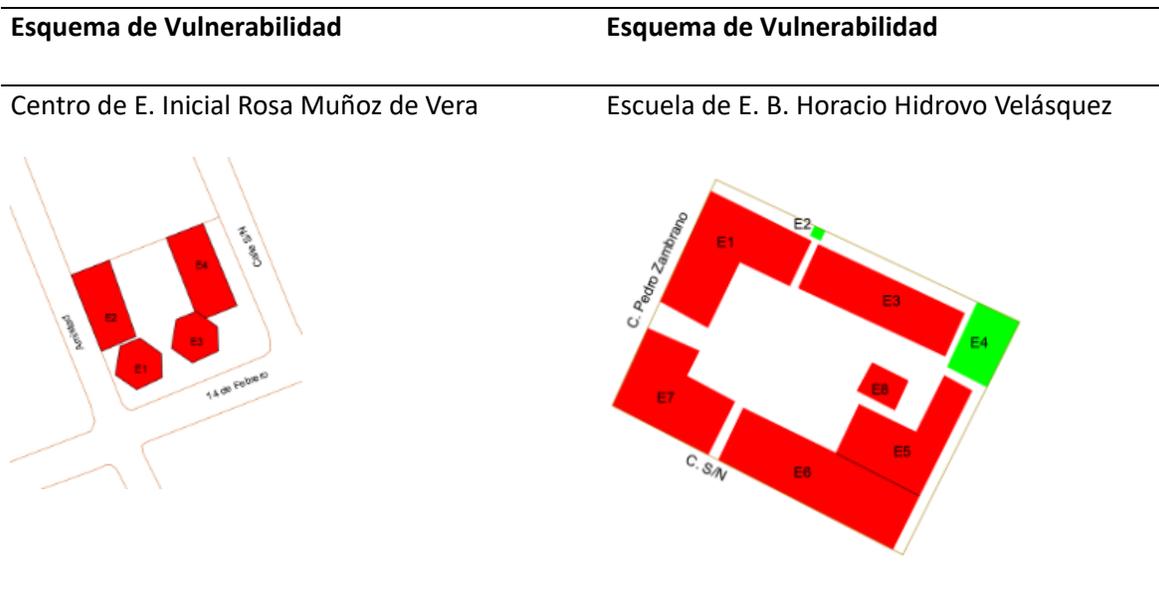
Escuela de E. Básica 18 De Octubre



Escuela de E. Básica Ena Ali Guillen Vélez

Unidad Educativa Doce de Marzo





**Tabla 94**

*Resultados de las escuelas evaluadas en la ciudad de Portoviejo*

N°	Nombre de Unidad Educativa	V total	Cr	C	Rg	Categoría
1	Escuela de E. B. Fiscomisional Fe y Alegría	58,53	57,6	0,98	59,71	D
2	Escuela de E. Básica Simón Bolívar	68,14	57,6	1,01	67,35	D
3	Escuela de E. B. Club Rotario Portoviejo	60,92	57,6	0,99	61,66	D
4	U.E. Federico Bravo Bazurto	62,93	57,6	0,99	63,27	D
5	Escuela de E. Básica 24 de Mayo N2	43,03	57,6	0,93	46,3	D
6	U.E. Portoviejo	45,36	57,6	0,94	48,41	D
7	Centro de E. Inicial Augusta Ugalde Alcívar	62,83	57,6	0,99	63,19	D
8	Escuela de E. B. Esperanza Alcívar de Valencia	63,49	57,6	1,00	63,72	D
9	Escuela de E. Básica Juan Montalvo	47,54	57,6	0,94	50,35	D
10	Escuela de E. Básica Pedro Gual	56,49	57,6	0,97	58,03	D
11	Escuela de E. Básica 18 De Octubre	57,12	57,6	0,98	58,55	D

N°	Nombre de Unidad Educativa	V total	Cr	C	Rg	Categoría
12	Escuela de E. Básica Ena Ali Guillen Vélez	51,42	57,6	0,96	53,74	D
13	Unidad Educativa Doce de Marzo	52,70	57,6	0,96	54,84	D
14	Centro de E. Inicial Rosa Muñoz de Vera	51,11	57,6	0,99	51,63	D
15	Escuela de E. B. Horacio Hidrovo Velásquez	62,64	57,6	0,99	63,04	D

**Tabla 95**

*Porcentajes de Edificaciones según su norma de construcción*

	Año de Construcción			
	NEC 2015	CEC 2000	CEC 77	Sin Norma
<b>N° de Edificios</b>	11	21	73	8
<b>Porcentaje</b>	9,73%	18,58%	64,60%	7,08%

**Tabla 96**

*Porcentajes de tipo de estructuras*

	S3	S5	C3/MX/URM
<b>N° de Edificios</b>	9	36	68
<b>Porcentaje</b>	7,96%	31,86%	60,18%

**Tabla 97**

*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	76	29	2
<b>Porcentaje</b>	5,31%	67,26%	25,66%	1,77%

**Tabla 98**

*Porcentajes de las U.E según el cumplimiento de parámetros de puertas y ventanas*

<b>Puertas de salida, o de emergencia y ventanas</b>		
	<b>Cumple</b>	<b>No cumple</b>
<b>N° de Edificios</b>	8	105
<b>Porcentaje</b>	7,07%	92,92%

**Tabla 99**

*Porcentajes de las U.E. según el cumplimiento de accesibilidad inclusiva*

<b>Accesibilidad inclusiva</b>		
	<b>Cumple</b>	<b>No cumple</b>
<b>N° de Edificios</b>	16	97
<b>Porcentaje</b>	14,16	85,84%

**Tabla 100**

*Porcentajes de categoría de Unidades educativas según Riesgo Global*

<b>D</b>	
<b>N° de Instituciones</b>	15
<b>Porcentaje</b>	100%

## Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones

De las 53 instituciones educativas sometidas a evaluación en el cantón Sangolquí, se puede inferir que 21 de ellas exhiben un nivel de riesgo global catalogado como categoría B, caracterizado como moderado. Asimismo, 19 instituciones pertenecen a la categoría C, reflejando un nivel de riesgo moderado alto; mientras que 13 instituciones caen en la categoría D, indicando un riesgo global alto. Cabe destacar que ninguna de estas escuelas presenta un nivel de riesgo global bajo, representado por la categoría A, ni tampoco un riesgo global muy alto, correspondiente a la categoría E, destacando en este contexto, la Unidad Educativa Rumiñahui presenta un riesgo global de 59,91 y una vulnerabilidad de 71,41. Esto es notable a pesar de que posee únicamente tres edificaciones, construidas antes de 1977, anterior a la existencia de un código que estableciera parámetros adecuados para la edificación. En estas tres estructuras, se observa claramente la presencia de patologías en vigas, columnas y paredes en forma de grietas y fracturas. A pesar de estas condiciones, también se han realizado ampliaciones verticales, lo que resulta en una elevada susceptibilidad ante eventos sísmicos.

De las 15 instituciones evaluadas en la ciudad de Latacunga, 14 escuelas categorizadas como nivel D representando un riesgo global alto, mientras que solamente una edificación se ubicó dentro de la categoría C, indicando un nivel de riesgo moderadamente alto. Entre las 14 instituciones educativas evaluadas con alto riesgo, destacó la Unidad Educativa Victoria Vásquez Cuví -Simón Bolívar-Elvira Ortega con una vulnerabilidad total de 64.82 puntos y riesgo global de 62.54. Esta Unidad Educativa presentó 38 edificios de los cuales un 84% (32 edificios) mostraron una vulnerabilidad alta, 3% (1 edificio) vulnerabilidad media y un 5% (5 edificios) vulnerabilidad baja. Cabe destacar que un factor influyente en el puntaje de vulnerabilidad fue el año de construcción, el cual establece el puntaje base para la valoración. Otro factor crucial fue el grupo de vulnerabilidad GV1, que describe los aspectos generales de la edificación evaluada. En el caso de la Institución previamente mencionada, se concluyó

que aquellos edificios que presentaron vulnerabilidades superiores a 70 puntos eran aquellos que contaban con condiciones de golpeteo y adyacencia.

En base a los resultados del estudio de vulnerabilidad sísmica realizado en 15 instituciones evaluadas en Portoviejo, pudo determinar que todas las edificaciones de la institución se encuentran categorizadas como nivel D, lo cual indica un riesgo global alto. Entre estas instituciones, la Unidad Educativa Simón Bolívar es una de las más afectadas en términos de vulnerabilidad, presentando un porcentaje de vulnerabilidad de 68,14 puntos y un riesgo global de 67,35. Es importante destacar que, a pesar de estar compuesta por solo 8 edificios, la Unidad Educativa Simón Bolívar muestra una considerable fragilidad ante posibles eventos sísmicos. En contraste, la Unidad Educativa Portoviejo, a pesar de contar con el doble de edificaciones en comparación con la Unidad Educativa Simón Bolívar, presenta un puntaje de vulnerabilidad menor, registrando 45,36 puntos y un riesgo global de 48,41. Aunque esta institución posee una mayor cantidad de edificios, su nivel de riesgo sísmico parece ser inferior al de la Unidad Educativa Simón Bolívar. Asimismo, en el GV3, el estudio revela deficiencias significativas tanto en el cumplimiento de los parámetros relacionados con puertas y ventanas como en la accesibilidad inclusiva, en más del 80% de las edificaciones evaluadas en este grupo, no se cumplen satisfactoriamente estos estándares. Esta situación implica que, en caso de producirse un evento sísmico considerable, toda la comunidad educativa podría enfrentar numerosos inconvenientes debido a la falta de adecuaciones estructurales y de accesibilidad en las instalaciones. Estas deficiencias podrían aumentar el riesgo y la gravedad de las consecuencias durante un sismo, resaltando la necesidad de tomar medidas urgentes para mejorar la infraestructura y la seguridad en estas instituciones educativas.

Es relevante notar que, de las 83 unidades educativas evaluadas en Sangolquí, Latacunga y Portoviejo, 42 de ellas exhiben un riesgo global catalogado como alto, lo cual constituye el 50,60% del total. Además, 20 de estas instituciones muestran un riesgo moderado alto, representando el 24,10%. Por otra parte, tan solo 21 escuelas presentan un nivel de riesgo moderado, conformando el 25,30%. Estos

datos adquieren una importancia crítica debido a que muchas de las instituciones educativas fueron erigidas previo a códigos de construcción y son consideradas patrimoniales, lo que dificulta su adaptación para afrontar eventos sísmicos. Además, varias de ellas exhiben patologías críticas en sus elementos estructurales. Este panorama resulta preocupante ya que las escuelas son consideradas estructuras esenciales y primordialmente deben priorizar la seguridad de sus ocupantes.

### **Recomendaciones**

Dada la ausencia de escuelas en la categoría A en Sangolquí, es recomendable reevaluar los planes de evaluación de riesgos previamente desarrollados por las instituciones educativas.

Alternativamente, se podría llevar a cabo una implementación eficaz del Plan de Operaciones de Respuesta (POE). Esto cobra especial importancia debido a que 32 de estas instituciones se encuentran en categorías de riesgo moderado y moderado alto. Estas medidas podrían abordar aspectos como la introducción de kits de emergencia y la formación de brigadas de gestión de riesgos, entre otras consideraciones.

Los resultados obtenidos en la evaluación preliminar realizada en la ciudad de Latacunga utilizando la guía FEMA P-100, resaltan la necesidad de llevar a cabo estudios más exhaustivos. La realización de un estudio más completo permitirá la comprensión de las condiciones actuales de las estructuras y permitirá tomar medidas preventivas y correctivas sobre la vulnerabilidad de las estructuras para de esta forma disminuir el riesgo ante la presencia de eventos naturales como sismos además de garantizar la seguridad y preservar la vida de los estudiantes, docentes y usuarios de las instituciones educativas.

Para la ciudad de Portoviejo, tal como se evidencio en sus resultados, de las 15 unidades educativas en las cuales se realizó la aplicación de la guía, todas presentaron un nivel de riesgo global en categoría D. Debido a esta circunstancia, se sugiere llevar a cabo un estudio utilizando la metodología propuesta en la guía FEMA P-154. Buscando determinar si alguna institución o varias de estas requieren

un análisis más exhaustivo, a fin de lograr realizar un frente a posibles eventos sísmicos de gran magnitud que podrían comprometer la integridad de las estructuras y poner en peligro la seguridad de la comunidad estudiantil.

Dada la notable prevalencia de altos niveles de vulnerabilidad en las instituciones educativas evaluadas, se recomienda llevar a cabo evaluaciones estructurales para obtener un entendimiento preciso del estado actual de las instalaciones. Esto permitiría presentar opciones viables de intervención en las estructuras. Además, resulta imperativo supervisar el cumplimiento de los planes de gestión de riesgos establecidos por las unidades educativas, con el fin de confirmar su óptima funcionalidad en situaciones sísmicas. En caso de identificar deficiencias en el cumplimiento de estos planes, sería apropiado considerar alternativas más eficaces para garantizar la seguridad en caso de eventos sísmicos.

## Referencias

- Aguiar, R., & Mieles, Y. (2018). ANÁLISIS DE LOS EDIFICIOS QUE COLAPSARON EN PORTOVIEJO DURANTE EL TERREMOTO DEL 16 DE ABRIL DE 2016. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 21(3), 257–282. <https://doi.org/10.24133/RIIE.V21I3.601>
- Alcivar, L., Valarezo, O., Caicedo, O., & Julca, A. (2020). *Characterization of lemon (Citrus aurantifolia) producing farms in Portoviejo, Ecuador*. 7, 88–94.
- Avilés-Campoverde, D., Chunga, K., Ortiz-Hernández, E., Vivas-Espinoza, E., Toulkeridis, T., Morales-Delgado, A., & Delgado-Toala, D. (2020). Seismically induced soil liquefaction and geological conditions in the city of Jama due to the M7. 8 Pedernales Earthquake in 2016, NW Ecuador. *Geosciences*, 11(1), 20.
- Barazangi, M., & Isacks, B. L. (1976). Spatial distribution of earthquakes and subduction of the Nazca plate beneath South America. *Geology*, 4(11), 686-692.
- Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., ... & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, 214, 481-518.
- Ballesteros Salazar, K. S., & Caizaguano Montero, D. G. (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*. [Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/22553/1/T-ESPE-043869.pdf>
- Bantilas, K. E., Naoum, M. C., Kavvadias, I. E., Karayannis, C. G., & Elenas, A. (2023). *Structural Pounding Effect on the Seismic Performance of a Multistorey Reinforced Concrete Frame Structure*. 1–16.
- Bilham, R. (2010). Lessons from the Haiti earthquake. *Nature*, 463(7283), 878-879.
- Cabrera, A., Endara, F., Gavilanez, W., Heredia, S., Llanos, L., Moyón, M., Nuñez, J., & Tayupanda, M. (2023). *Evaluación del Grado de Vulnerabilidad Sísmica de Unidades Militares de interés (colegios,*

*hospitales, aeropuertos, polvorines) en el Ecuador, basada en la guía FEMA P-1000, NEC-15, ASCE/SEI 41-17, ASCE/SEI 7-22 parte final.*

- Cahill, T., & Isacks, B. L. (1992). Seismicity and shape of the subducted Nazca plate. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 97(B12), 17503-17529.
- Calderín, M. F., Almenarez, L. D., & Boada, F. D. (2020). *CONSIDERACIÓN DEL FENÓMENO INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA EN EDIFICIO PREFABRICADO CONSIDERATION OF THE SOIL-STRUCTURE INTERACTION IN IMS BUILDING Autores.*
- Castro, B. B. (2021). Evaluación Macrosísmica del terremoto de Pujilí de 1962 Trabajo. *Dspace.Uce.Edu.Ec*, 78.
- Castro, M. (2019). Inspección Sísmica Visual Rápida De Los Edificios De La Universidad De Piura Por El Método Fema 154. *Repositorio Institucional Udep*, 154, 199.  
[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3940/ICI\\_268.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3940/ICI_268.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cedeño, V. (2022). *Irregularidad En Planta Y Elevación En Estructuras Del Ecuador. June.*  
<https://www.researchgate.net/publication/361456532>
- Celorio-Saltos, J. C., García-Arias, J. M., Guerra-Luque, A. B., Barragan-Aroca, G., & Toulkeridis, T. (2018). VULNERABILITY ANALYSIS BASED ON TSUNAMI HAZARDS IN CRUCITA, CENTRAL COASTAL OF ECUADOR. *Science of Tsunami Hazards*, 37(3).
- Chacón, J., Suquillo, B., Sosa, D., & Celi, C. (2021). Evaluation and reinforcement of an adobe heritage structure with plan irregularities. *Revista Politecnica*, 47(1), 43–56.  
<https://doi.org/10.33333/rp.vol47n1.05>
- Charfuelán, D. C. (2018). *GEOLOGÍA DEL CUATERNARIO DE LA CIUDAD DE PORTOVIEJO Y SU ZONA DE INFLUENCIA.*
- Chunga, K., & Toulkeridis, T. (2014). FIRST EVIDENCE OF PALEO-TSUNAMI DEPOSITS OF A MAJOR HISTORIC EVENT IN ECUADOR. *Science of tsunami hazards*, 33(1).

- Chunga, K., Ochoa-Cornejo, F., Mulas, M., Toulkeridis, T., & Menéndez, E. (2018). Characterization of seismogenic crustal faults in the Gulf of Guayaquil, Ecuador. *Andean Geology*, 46(1), 66-81.
- Coburn, A., & Spence, R. (2002). *Earthquake protection*. John Wiley & Sons.
- Comité de Reconstrucción y Reactivación Productiva. (2017). *Plan de Reconstrucción y Reactivación Productiva post terremoto*.
- Correa, M., & Machado, L. (2016). *Comparación Económica Al Diseñar Edificios De Hormigón Armado De 7 Y 14 Pisos, Con La Nec-11 Y El Cec-2000*.
- Day, J. M., Melnyk, S. A., Larson, P. D., Davis, E. W., & Whybark, D. C. (2012). Humanitarian and disaster relief supply chains: a matter of life and death. *Journal of Supply Chain Management*, 48(2), 21-36.
- Duma, G. (1995). *Proceedings : 10th European Conference on Earthquake Engineering : 28 August - 2 September 1994, Vienna, Austria / EAE. Ed. Gerald Duma ; Vol. 3, European Conference on Earthquake Engineering ; 10*. <https://www.tib.eu/de/suchen/id/TIBKAT%3A188948449>
- Duque Edwin, Tamay José, & Rojas Henry. (2018). *OBSERVATORIO SÍSMICO DEL ECUADOR (OSSE) GRISS-UTPL GRUPO DE INGENIERÍA SÍSMICA Y SISMOLOGÍA Grupo de Ingeniería Sísmica y Sismología*. <http://www.ingenieriasismica.utpl.edu.ec>
- Duran, L. (2010). *Terremoto en Haití: las causas persistentes de un desastre que no ha terminado | Nueva Sociedad*. <https://nuso.org/articulo/terremoto-en-haiti-las-causas-persistentes-de-un-desastre-que-no-ha-terminado/>
- Eguez, A., Alvarado, A., & Yepes, H. (2003). *Mapa de Fallas y Pliegues Cuaternarias de Ecuador y Regiones Oceanicas Adyacentes Internacional*. 289.
- Ellsworth, W. L. (1995). Characteristic earthquakes and long-term earthquake forecasts: Implications of central California seismicity. In *Urban disaster mitigation: The role of engineering and technology* (pp. 1-14). Pergamon.

- Ellsworth, W. L., Matthews, M. V., Nadeau, R. M., Nishenko, S. P., Reasenber, P. A., & Simpson, R. W. (1999). A physically-based earthquake recurrence model for estimation of long-term earthquake probabilities. *US Geological Survey Open-File Report*, 99(522), 22.
- Elnashai, A. S., Gencturk, B., Kwon, O. S., Al-Qadi, I. L., Hashash, Y., Roesler, J. R., ... & Valdivia, A. (2010). The Maule (Chile) earthquake of February 27, 2010: Consequence assessment and case studies. *MAE Center Report No. 10-04*.
- Europapress. (2014). *Terremoto en el suroeste de China*. Europa Press.  
<https://www.europapress.es/internacional/noticia-menos-26-muertos-79-heridos-seismo-registrado-suroeste-china-20140803134907.html>
- Ezequiel Suárez-Acosta, P., David Cañamar-Tipan, C., Alexis Ñato-Criollo, D., Daniel Vera-Zambrano, J., Luis Galarza-Vega, K., Michelle Guevara-Álvarez, P., ... & Toulkeridis, T. (2021). EVALUATION OF SEISMIC AND TSUNAMI RESISTANCE OF POTENTIAL SHELTERS FOR VERTICAL EVACUATION IN CASE OF A TSUNAMI IMPACT IN BAHIA DE CARÁQUEZ, CENTRAL COAST OF ECUADOR. *Science of Tsunami Hazards*, 40(1).
- Fajardo, C. C. N., Guevara, Á. P. M., Herrera, G. K. K., Ochoa, C. C. V., & Torres, O. J. S. (2021). Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de - unidades educativas de Sangolquí, basada en la guía FEMA P-1000. In *repositorio.espe.edu*.
- FEMA. (2017). *Safer, Stronger, Smarter: A Guide to Improving School Natural Hazard Safety FEMA P-1000*. [www.ATCCouncil.org](http://www.ATCCouncil.org)
- FOPAE. (2014). Bogotá Frente a la Gestión Integral . *Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IDIGER)*, 24.
- GAD Municipal de Rumiñahui. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial-Cantón Rumiñahui*.

- Gailler, A., Charvis, P., & Flueh, E. R. (2007). Segmentation of the Nazca and South American plates along the Ecuador subduction zone from wide angle seismic profiles. *Earth and Planetary Science Letters*, 260(3-4), 444-464.
- Gavilánez, M. G. J., & Molina, campaña B. P. (2013). GESTIÓN DE LAS DESCARGAS CONTAMINANTES SOBRE EL RÍO CUTUCHI EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA CIUDAD DE LATACUNGA. *Bibdigital.Epn.Edu.Ec*, 192.
- Gaviria, R. M., & Duque, R. D. (2017). PRIMARIA Y SECUNDARIA DEL BARRIO GAMMA DEL MUNICIPIO DE MIGUEL ÁNGEL GAVIRIA RUIZ DANIEL RESTREPO DUQUE PROFESOR ASESOR : Ing . ADÁN SILVESTRE GUTIÉRREZ. *Libro de Pasantía Internacional Nacional Autónoma de México, 0*. file:///G:/CURSOS
- Graindorge, D., Calahorrano, A., Charvis, P., Collot, J. Y., & Bethoux, N. (2004). Deep structures of the Ecuador convergent margin and the Carnegie Ridge, possible consequence on great earthquakes recurrence interval. *Geophysical Research Letters*, 31(4).
- Hernández, E. O., Chunga, K., Pastor, J. L., & 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*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/land11040463>
- Infante, S. S. A. (2018). Determinación y evaluación de las patologías del concreto en las columnas, vigas, sobrecimientos y muros de albañilería del cerco perimétrico de la industria Veinte Veinte S.A.C., del distrito de Puerto Supe, provincia de Barranca, región Lima, Abril – 20. *Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote*, 215.  
<http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/6170%0Ahttp://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/6275>
- Ioualalen, M., Ratzov, G., Collot, J. Y., & Sanclemente, E. (2011). The tsunami signature on a submerged promontory: the case study of the Atacames Promontory, Ecuador. *Geophysical Journal International*, 184(2), 680-688.

- Kamel, K. T. (2023). Estimating the seismic pounding force between adjacent buildings and study the effect of gap distance on seismic pounding. *Asian Journal of Civil Engineering*, 24(1), 153–167.  
<https://doi.org/10.1007/s42107-022-00494-0>
- Kanamori, H., & McNally, K. C. (1982). Variable rupture mode of the subduction zone along the Ecuador-Colombia coast. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 72(4), 1241-1253.
- Levin, S. A., Barrett, S., Aniyar, S., Baumol, W., Bliss, C., Bolin, B., ... & Sheshinski, E. (1998). Resilience in natural and socioeconomic systems. *Environment and development economics*, 3(2), 221-262.
- 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, R., Arroyo, R., Guinto, E., & Cuevas, A. (2019). *Propuesta metodológica para la evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica de hoteles construidos antes de 1985 en la zona tradicional de Acapulco, Guerrero*, 4(5), 93–105.
- Marcillo, G. (2019). "EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA BASADA EN LOS MÉTODOS BENEDETTI Y PETRINI; FEMA 154 DEL EDIFICIO CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA - UNESUM."  
 UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÌ FACULTAD DE CIENCIAS TÈCNICAS.
- Martínez, Q., Gabriel Tutor, J., & Oscar Cevallos Riobamba, I. (2022). *EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LAS NORMATIVAS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE EN AMÉRICA LATINA. CASOS DE ESTUDIO: COLOMBIA, ECUADOR, PERÚ Y CHILE* Proyecto de investigación previo a (p. 214).

- Matheus-Medina, A. S., Toulkeridis, T., Padilla-Almeida, O., Cruz-D'Howitt, M., & Chunga, K. (2018). EVALUATION OF THE TSUNAMI VULNERABILITY IN THE COASTAL ECUADORIAN TOURIST CENTERS OF THE PENINSULAS OF BAHIA DE CARÁQUEZ AND SALINAS. *Science of Tsunami Hazards*, 37(3).
- Mato, F., & Toulkeridis, T. (2017, November). An unsupervised K-means based clustering method for geophysical post-earthquake diagnosis. In *2017 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)* (pp. 1-8). IEEE.
- Medina, A. S. M., D'Howitt, M. C., Almeida, O. P., Toulkeridis, T., & Haro, A. G. (2016). ENHANCED VERTICAL EVACUATION APPLICATION WITH GEOMATIC TOOLS FOR TSUNAMIS IN SALINAS, ECUADOR. *Science of Tsunami Hazards*, 35(3).
- Mendoza, C., & Dewey, J. W. (1984). Seismicity associated with the great Colombia-Ecuador earthquakes of 1942, 1958, and 1979: Implications for barrier models of earthquake rupture. *Bulletin of the seismological society of America*, 74(2), 577-593.
- Mendoza Cargua, K. M., & Toapanta Ramírez, L. A. (2023). *Evaluación del riesgo sísmico en Ecuador mediante el uso del software R-CRISIS*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11044>
- MIDUVI. (2016). *Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*. 185.
- Montaño, E. A. (2018). Memorias imbricadas: terremotos en México, 1985 y 2017. *Revista Mexicana de Sociología*, 80(spe), 9–40. <https://doi.org/10.22201/IIS.01882503P.2018.0.57772>
- Navarro, G. M. M., García-García, J. G., & Reyna-García, A. E. (2023). Vulnerabilidad sísmica en edificaciones de la ciudad de Portoviejo. *Revista InGenio*, 6(1), 73–86. <https://doi.org/10.18779/ingenio.v6i1.565>
- Navas, L., Caiza, P., & Toulkeridis, T. (2018). An evaluated comparison between the molecule and steel framing construction systems—Implications for the seismic vulnerable Ecuador. *Malays. Constr. Res. J*, 26(3), 87-109.

NEC. (2015). *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN - CARGAS SÍSMICAS- DISEÑO SISMO RESISTENTE.*

Ortiz Sampedro Tatiana Cristina Ruiz, C. K. P. (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).

*Bibdigital.Epn.Edu.Ec*, 202.

Ortiz-Hernández, E., Chunga, K., Toulkeridis, T., & Pastor, J. L. (2022). Soil liquefaction and other seismic-associated phenomena in the city of Chone during the 2016 Earthquake of Coastal Ecuador. *Applied Sciences*, 12(15), 7867.

Padilla Almeida, O., Toulkeridis, T., & Bosque Sendra, J. (2022, January). Smart City Planning with Geomatic Modeling of Lahar Evacuation Routes in the Northern Populated Area of Cotopaxi Volcano, Ecuador. In *Doctoral Symposium on Information and Communication Technologies-DSICT* (pp. 74-88). Cham: Springer International Publishing.

Pararas-Carayannis, G. (2012). POTENTIAL OF TSUNAMI GENERATION ALONG THE COLOMBIA/ECUADOR SUBDUCTION MARGIN AND THE DOLORES-GUAYAQUIL MEGA-THRUST. *Science of Tsunami Hazards*, 31(3).

Paucar, G. (2021). *Análisis de Vulnerabilidad Sísmica en la Comuna de "Oyambarillo" ubicado en la parroquia de Tababela, Quito - Ecuador.*

Ponce, O. R., & Manjarres, R. S. (2019). *Análisis sistemático de metodologías empleadas para la medición cualitativa y cuantitativa de la vulnerabilidad sísmica de estructuras.*

Quezada, R. (2011). MEDIOS DE COMUNICACIÓN, TERREMOTOS Y TSUNAMIS; LOS CASOS DE CHILE Y JAPÓN COMMUNICATION MEDIA, EARTHQUAKES AND TSUNAMIS: THE CASES OF CHILE AND JAPAN  
1 Autor Correspondiente. *Año XV*, 26, 50–61. <https://doi.org/10.15198/seeci.2012.26.50-61>

Quinde Martínez, P., & Angulo, E. R. (2016). *SEISMIC HAZARD ASSESSMENT FOR ECUADOR AND DESIGN SPECTRA PROPOSED FOR THE CITY OF CUENCA*.

Rosenblueth, E., & Meli, R. (1986). The 1985 Mexico earthquake. *Concrete international*, 8(5), 23-34.

Salcedo, D., Padilla Almeida, O., Morales, B., & Toulkeridis, T. (2022, January). Smart City Planning Based on Landslide Susceptibility Mapping Using Fuzzy Logic and Multi-criteria Evaluation Techniques in the City of Quito, Ecuador. In *Doctoral Symposium on Information and Communication Technologies-DSICT* (pp. 89-103). Cham: Springer International Publishing.

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.

SSN-UNAM. (2018). *Servicio Sismológico Nacional | UNAM, México*. <http://www.ssn.unam.mx/>

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., Barahona-Quelal, I. N., Pilco-Paguay, E. O., Cacuango-Casco, D. M., Guilcaso-Tipán, B. S., & 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).

Toulkeridis, T., Buchwaldt, R., & Addison, A. (2007). WHEN VOLCANOES THREATEN, SCIENTISTS WARN- Scientists use volcanoes' pre-eruptive behaviors, such as increasing seismic activity, to warn that an eruption may be imminent. But what happens when a. *Geotimes*, 52(11), 36-40.

Toulkeridis, T., Chunga, K., Rentería, W., Rodríguez, F., Mato, F., Nikolaou, S., ... & Vera-Grunauer, X. (2017). THE 7.8 M w EARTHQUAKE AND TSUNAMI OF 16 th April 2016 IN ECUADOR: Seismic Evaluation, Geological Field Survey and Economic Implications. *Science of tsunami hazards*, 36(4).

Toulkeridis, T., Mato, F., Toulkeridis-Estrella, K., Salinas, J. C. P., Tapia, S., & Fuertes, W. (2018). REAL-TIME RADIOACTIVE PRECURSOR OF THE APRIL 16, 2016 Mw 7.8 EARTHQUAKE AND TSUNAMI IN ECUADOR. *Science of tsunami hazards*, 37(1).

Toulkeridis, T., Porras, L., Tierra, A., Toulkeridis-Estrella, K., Cisneros, D., Luna, M., ... & 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., Parra, H., Mato, F., D'Howitt, M. C., Sandoval, W., Almeida, O. P., ... & Quiñonez, L. B. (2017). CONTRASTING RESULTS OF POTENTIAL TSUNAMI HAZARDS IN MUISNE, CENTRAL COAST OF ECUADOR. *Science of tsunami hazards*, 36(1).

Velasco, H. M. S. (2022). Revaluación de las intensidades sísmicas del terremoto de Pujilí 1996 mediante las escalas EMS 98 y ESI 2007. *Dspace.Uce.Edu.Ec*, 104.  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/28367/1/UCE-FIGEMPA-CIG-VELASCO>

XU, X. W., JIANG, G. Y., YU, G. H., WU, X. Y., ZHANG, J. G., & Li, X. (2014). Discussion on seismogenic fault of the Ludian Ms6. 5 earthquake and its tectonic attribution. *Chinese Journal of Geophysics*, 57(9), 3060-3068.

Yáñez, P. S. (2016). *Diagnostico Del Plan De Desarrollo Del Cantón Latacunga 2016-2019*.

## Apéndices