



**Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de - unidades educativas de Sangolquí, basada en
la guía FEMA P-1000.**

Fajardo Cartuche, Cintya Natali; Guevara Álvarez, Paola Michelle; Herrera Garcés, Kimberlyn Karen;
Ochoa Campoverde, Carlos Vicente y Torres Orellana, Jhandry Santiago.

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

Dr. Toulkeridis Theofilos

7 de abril 2021






Formado electrónicamente por
**THEOFILOS
 TOULKERIDI**

Document Information

Analyzed document	Grado de Vulnerabilidad_Instituciones Educativas.pdf (D100693438)
Submitted	4/6/2021 12:42:00 AM
Submitted by	Toulkeridis Theofilos
Submitter email	ttoulkeridis@espe.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	ttoulkeridis.espe@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/22553/1/T-ESPE-043869.pdf Fetched: 1/19/2021 3:07:48 AM	 2
W	URL: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11597/1/TTUAIC_2017_IC_CD0008.pdf Fetched: 1/25/2021 5:12:56 AM	 1
W	URL: https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/06/Guia-de-A ... Fetched: 4/6/2021 12:43:00 AM	 1



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de - unidades educativas de Sangolquí, basada en la guía FEMA P-1000" fue realizado por los señores Fajardo Cartuche, Cintya Natali; Guevara Álvarez, Paola Michelle; Herrera Garcés, Kimberlyn Karen; Ochoa Campoverde, Carlos Vicente y Torres Orellana, Jhandry Santiago. el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad, por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 05 de abril del 2021

Firma:



Dr. Toulkeridis Theofilos DIRECTOR

C. C.: 1717885618



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, Fajardo Cartuche, Cintya Natali; Guevara Álvarez, Paola Michelle; Herrera Garcés, Kimberly Karen; Ochoa Campoverde, Carlos Vicente y Torres Orellana, Jhandry Santiago, con cédulas de ciudadanía No. 1724226012, 1726478132, 1720165263, 1600469769 y 1104607443, respectivamente, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de - unidades educativas de Sangolquí, basada en la guía FEMA P-1000, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 05 de abril del 2021

Firma

Fajardo Cartuche, Cintya Natali

C.C.: 1724226012

Firma

Guevara Álvarez, Paola Michelle

C.C.: 1726478132

Firma

Herrera Garcés, Kimberly Karen

C.C.: 1720165263

Firma

Ochoa Campoverde, Carlos Vicente

C.C.: 1600469769

Firma

Torres Orellana, Jhandry Santiago

C.C.: 1104607443



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, Fajardo Cartuche, Cintya Natali; Guevara Álvarez, Paola Michelle; Herrera Garcés, Kimberly Karen; Ochoa Campoverde, Carlos Vicente y Torres Orellana, Jhandry Santiago, con cédulas de ciudadanía No. 1724226012, 1726478132, 1720165263, 1600469769 y 1104607443, respectivamente, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de - unidades educativas de Sangolquí, basada en la guía FEMA P-1000, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 05 de abril del 2021

Firma

Fajardo Cartuche, Cintya
Natali
C.C.: 1724226012

Firma

Guevara Álvarez, Paola
Michelle
C.C.: 1726478132

Firma

Herrera Garcés, Kimberly
Karen
C.C.: 1720165263

Firma

Ochoa Campoverde, Carlos Vicente
C.C.: 1600469769

Firma

Torres Orellana, Jhandry Santiago
C.C.: 1104607443

ÍNDICE

Resumen	15
Abstract.....	16
Generalidades	17
Planteamiento del Problema	17
Antecedentes	20
Justificación e Importancia.....	21
Objetivos	22
Objetivo General:	22
Objetivos específicos.....	22
Marco Teórico.....	23
Riesgo sísmico.....	23
Caracterización del Riesgo Sísmico.....	23
Vulnerabilidad (V)	23
Evaluación de vulnerabilidad	24
Grupos de Vulnerabilidad (GV).....	26
Puntaje base de Evaluación según la guía de (Ballesteros & Caizaguano, 2020).....	26
(Pre Código)	27
Código Ecuatoriano de Construcción 1977 (Período de Transición).....	27
Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC 2000) (Post código).....	27
Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 15) (Código Moderno)	28
Parámetros de GV1	28

Número de pisos	28
Tipo de edificio FEMA	29
Condición de golpeteo y adyacencia	29
Tipo de Suelo.....	30
Gestión de riesgos.....	30
Análisis de la capacidad de respuesta Cr	31
Revisión del Plan de Operación de Emergencia POE.....	31
Implementación del Plan de Operaciones de Emergencia	31
Evaluación del marco educativo.....	32
Elemento de Terreno (E)	32
Complemento de vulnerabilidad.....	32
Nivel de exposición a la Amenaza (NE)	32
Fallas geológicas.....	33
Vulnerabilidad Total.....	33
Coefficiente de capacidad	33
Riesgo global	33
Modelo de Víctimas	34
Metodología.....	35
Evaluación del equipo de planificación	35
Entendimiento de la situación.....	36
Determinar Objetivos y Metas, Desarrollo de Cursos de acción	38
Puntaje Base	38

Grupos de vulnerabilidad GV1, GV2 y GV3	38
Grupo de vulnerabilidad GV1	39
Grupo de Vulnerabilidad (GV2)	41
Grupo de Vulnerabilidad (GV3)	44
Vulnerabilidad de la estructura	48
Matriz de probabilidad de daño	50
Evaluación FEMA P-154.....	51
Riesgo de colapso según FEMA P-154	53
Análisis de la capacidad de respuesta Cr.....	54
Revisión del Plan de Operación de Emergencia POE	54
Implementación del Plan de Operaciones de Emergencia	54
Evaluación del marco educativo.....	55
Elemento de Terreno (E)	55
Nivel de exposición a la Amenaza (NE)	56
Vulnerabilidad Total.....	56
Coeficiente de capacidad	57
Riesgo global (Rg).....	57
Modelación de víctimas	59
Resultados.....	61
Descripción general de las Unidades Educativas Evaluadas	61
Unidad Educativa Liceo Naval	62
Unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre.....	70

Unidad Educativa Santo Tomás de Aquino	75
Unidad Educativa Juan de Salinas	78
Unidad Educativa Liceo Cristiano Mahanaym	85
Unidad Educativa Particular Lev Vygotsky	89
Unidad Educativa JAHIBÉ	94
Unidad Educativa El Camino	99
Unidad Educativa Cotogchoa	103
Unidad Educativa Liceo del Valle	108
Unidad Educativa San Rafael.....	113
Gráficos comparativos	120
Modelo de víctimas de las unidades educativas	123
Conclusiones Y Recomendaciones	128
Conclusiones	128
Recomendaciones	128
Referencias	129
Anexos	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Descripción del nivel de afectación en las edificaciones</i>	17
Tabla 2 <i>Cantidad de escuelas según el nivel de afectación</i>	18
Tabla 3 <i>Puntaje de los grados de vulnerabilidad para GV1, GV2 y GB3</i>	39
Tabla 4 <i>Grados de daño de la escala EMS-98</i>	50
Tabla 5 <i>Tipos de estructura y puntaje base para el análisis FEMA P-154</i>	52
Tabla 6 <i>Importancia de edificación según elemento de terreno</i>	55
Tabla 7 <i>Nivel de exposición a la amenaza</i>	56
Tabla 8 <i>Categorías de unidades educativas según Riesgo Global</i>	58
Tabla 9 <i>Planteles Educativos Evaluados mediante la Guía de (Ballesteros & Caizaguano, 2020)</i>	61
Tabla 10 <i>Datos generales de la Unidad Educativa Liceo Naval</i>	62
Tabla 11 <i>Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa Liceo Naval</i>	63
Tabla 12 <i>Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Liceo Naval</i>	67
Tabla 13 <i>Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa Liceo Naval</i>	67
Tabla 14 <i>Riesgo global de la unidad Educativa Liceo Naval</i>	68
Tabla 15 <i>Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa Liceo Naval</i>	68
Tabla 16 <i>Riesgo global de la unidad Educativa Liceo Naval</i>	69
Tabla 17 <i>Comparaciones entre los resultados hallados en las evaluaciones de la Unidad Educativa Liceo Naval</i>	70
Tabla 18 <i>Datos generales de la Unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre</i>	70
Tabla 19 <i>Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre</i>	71
Tabla 20 <i>Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre</i>	73
Tabla 21 <i>Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre</i> ...	73

Tabla 22 <i>Riesgo global de la unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre</i>	74
Tabla 23 <i>Comparaciones entre los resultados hallados en las evaluaciones de la Unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre</i>	74
Tabla 24 <i>Datos generales de la Unidad Educativa Santo Tomás de Aquino</i>	75
Tabla 25 <i>Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa Santo Tomás de Aquino</i>	76
Tabla 26 <i>Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Santo Tomás de Aquino</i>	77
Tabla 27 <i>Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa Santo Tomás de Aquino</i>	77
Tabla 28 <i>Riesgo global de la unidad Educativa Santo Tomás de Aquino</i>	78
Tabla 29 <i>Datos generales de la Unidad Educativa Juan de Salinas</i>	78
Tabla 30 <i>Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa Juan de Salinas</i>	79
Tabla 31 <i>Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Juan de Salinas</i>	83
Tabla 32 <i>Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa Juan de Salinas</i>	84
Tabla 33 <i>Riesgo global de la unidad Educativa Juan de Salinas</i>	85
Tabla 34 <i>Datos generales de la Unidad Educativa Liceo Cristiano Mahanaym</i>	85
Tabla 35 <i>Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa Liceo Cristiano Mahanaym</i>	86
Tabla 36 <i>Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Liceo Cristiano Mahanaym</i>	87
Tabla 37 <i>Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa Liceo Cristiano Mahanaym</i>	88
Tabla 38 <i>Riesgo global de la unidad Educativa Liceo Cristiano Mahanaym</i>	88
Tabla 39 <i>Datos generales de la Unidad Educativa Particular Lev Vygotsky</i>	89
Tabla 40 <i>Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa Particular Lev Vygotsky</i>	90
Tabla 41 <i>Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Particular Lev Vygotsky</i>	93
Tabla 42 <i>Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa Particular Lev Vygotsky</i>	93
Tabla 43 <i>Riesgo global de la unidad Educativa Particular Lev Vygotsky</i>	94
Tabla 44 <i>Datos generales de la Unidad Educativa JAHIBÉ</i>	94
Tabla 45 <i>Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa JAHIBÉ</i>	95

Tabla 46 <i>Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa JAHIBÉ</i>	97
Tabla 47 <i>Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa JAHIBÉ</i>	97
Tabla 48 <i>Riesgo global de la unidad Educativa El Camino</i>	98
Tabla 49 <i>Datos generales de la Unidad Educativa El Camino</i>	99
Tabla 50 <i>Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa El Camino</i>	100
Tabla 51 <i>Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa El Camino</i>	102
Tabla 52 <i>Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa El Camino</i>	102
Tabla 53 <i>Riesgo global de la unidad Educativa El Camino</i>	103
Tabla 54 <i>Datos generales de la Unidad Educativa Cotogchoa</i>	103
Tabla 55 <i>Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa Cotogchoa</i>	104
Tabla 56 <i>Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Cotogchoa</i>	107
Tabla 57 <i>Vulnerabilidad total de la Unidad Cotogchoa</i>	107
Tabla 58 <i>Riesgo global de la unidad Educativa Cotogchoa</i>	108
Tabla 59 <i>Datos generales de la Unidad Educativa Liceo del Valle</i>	108
Tabla 60 <i>Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa Liceo del Valle</i>	110
Tabla 61 <i>Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Liceo del Valle</i>	112
Tabla 62 <i>Vulnerabilidad total de Liceo del Valle</i>	112
Tabla 63 <i>Riesgo global de la unidad Educativa Liceo del Valle</i>	112
Tabla 64 <i>Datos generales de la Unidad Educativa San Rafael</i>	113
Tabla 65 <i>Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa San Rafael</i>	114
Tabla 66 <i>Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa San Rafael</i>	118
Tabla 67 <i>Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa San Rafael</i>	118
Tabla 68 <i>Riesgo global de la unidad Educativa San Rafael</i>	119
Tabla 69 <i>Comparaciones de Vulnerabilidad de las Unidades Educativas Evaluadas</i>	119
Tabla 70 <i>Distribución de estudiantes, personal docente y administrativo en unidades educativas</i>	123

Tabla 71 <i>Porcentaje de población analizada para estudio</i>	124
Tabla 72 <i>Valor de parámetros M2 y M3 para cada unidad educativa</i>	125
Tabla 73 <i>Cantidad de personas posiblemente atrapadas y fallecidas en unidades educativas</i>	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Estudiantes e instituciones de la parroquia de Sangolquí</i>	19
Figura 2 <i>Adecuada relación largo ancho</i>	41
Figura 3 <i>Resultados de vulnerabilidad de una estructura según la guía de (Ballesteros & Caizaguano, 2020)</i>	49
Figura 4 <i>Instituciones Educativas Evaluadas en Sangolquí</i>	62
Figura 5 <i>Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad Educativa Liceo Naval</i>	63
Figura 6 <i>Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre</i>	71
Figura 7 <i>Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad Educativa Santo Tomás de Aquino</i>	75
Figura 8 <i>Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad Educativa Juan de Salinas</i>	79
Figura 9 <i>Croquis de la Unidad Educativa Liceo Cristiano Mahanaym</i>	86
Figura 10 <i>Croquis de la Unidad Educativa Particular Lev Vygotsky</i>	89
Figura 11 <i>Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad JAHIBÉ</i>	95
Figura 12 <i>Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad Educativa El Camino</i>	99
Figura 13 <i>Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad Educativa Cotogchoa</i>	104
Figura 14 <i>Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad Educativa Liceo del Valle</i>	109
Figura 15 <i>Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad Educativa San Rafael</i>	113
Figura 16 <i>Porcentajes de las edificaciones según norma de construcción</i>	120
Figura 17 <i>Porcentajes de las edificaciones según el tipo de estructura más común</i>	120
Figura 18 <i>Porcentajes de las instituciones según tipo de suelo</i>	121

Figura 19 <i>Porcentajes de las instituciones según la conservación en general</i>	121
Figura 20 <i>Porcentajes de las instituciones según el cumplimiento de parámetros para puertas y ventanas</i>	121
Figura 21 <i>Porcentajes de las instituciones según el cumplimiento de accesibilidad inclusiva</i>	122
Figura 22 <i>Porcentajes de las instituciones según la capacidad de respuesta</i>	122
Figura 23 <i>Porcentajes de las instituciones según la categoría</i>	122

Resumen

El presente proyecto busca la aplicación de la “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” elaborada por Ballesteros y Caizaguano (2020), esta guía permite obtener el grado de vulnerabilidad, riesgo global, capacidad de respuesta y categorización de las unidades educativas de Sangolquí y a lo largo del proyecto será utilizada para demostrar su eficacia ante la identificación de riesgos en las instituciones.

Para el efecto, se evaluarán once instituciones educativas ubicadas en la parroquia de Sangolquí, considerando el número de estudiantes, año de construcción, parámetros de conservación estructural, así como la capacidad de respuesta ante eventos sísmicos que se presenta como un resultado del plan de riesgos elaborado por los directivos de cada institución.

Finalmente, tras la obtención de los resultados se definirán las respectivas comparaciones y recomendaciones entre las instituciones evaluadas emitiendo los respectivos juicios de valor ante las categorías en las que se ubica cada una, los casos existentes y los puntos representativos para las puntuaciones finales; además se detallará el modelo de víctimas general para un caso específico de riesgo sísmico con el fin de obtener las posibles reacciones y consecuencias que pudieran presentarse ante tal evento.

Palabras Claves:

- **VULNERABILIDAD**
- **INSTITUCIONES EDUCATIVAS**
- **FEMA**
- **RIESGO SÍSMICO**
- **CAPACIDAD DE RESPUESTA**

Abstract

The current project seeks the application of the "Guide for the evaluation of the degree of seismic vulnerability of educational units located in the parish of Sangolquí, based on the FEMA P-1000 guide" prepared by Ballesteros and Caizaguano (2020), this guide allows obtaining the degree of vulnerability, global risk, response capacity and categorization of the educational units of Sangolquí and throughout the project will be used to demonstrate its effectiveness in the identification of risks in the institutions.

For this purpose, eleven educational institutions located in the Sangolquí parish will be evaluated, considering the number of students, year of construction, structural conservation parameters, as well as the response capacity to seismic events that is presented as a result of the risk plan. prepared by the directors of each institution.

Finally, after obtaining the results, the respective comparisons and recommendations between the evaluated institutions will be defined, issuing the respective value judgments regarding the categories in which each one is located, the existing cases and the representative points for the final scores; In addition, the general casualty model for a specific case of seismic risk will be detailed in order to obtain the possible reactions and consequences that may arise in the event of such an event.

Keywords:

- **VULNERABILITY**
- **EDUCATIONAL INSTITUTIONS**
- **FEMA**
- **SEISMIC RISK**
- **ANSWER'S CAPACITY**

Generalidades

Planteamiento del Problema

El Ecuador ha atravesado diversos desastres naturales desde deslizamiento de tierra hasta terremotos, siendo el sismo del 16 de abril del 2016 uno de los más catastróficos en el país.

El desastre dejó 668 personas fallecidas, 6274 personas heridas, 113 personas rescatadas con vida y 28775 personas albergadas (Lanning, 2016), mostrando un ineficiente plan de contingencia que en consecuencia salvaguardar la integridad de las personas fue casi imposible.

El evento telúrico generó daños estructurales en 18663 edificaciones de la zona urbana y rural de Manabí (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2016), incluyendo instituciones educativas, la cuales presentaron diferente tipo de afectación.

Tabla 1

Descripción del nivel de afectación en las edificaciones

NIVEL DE AFECTACIÓN	DESCRIPCIÓN
Bajo	Daños leves en elementos no estructurales, requiere intervención hasta de 30 días.
Medio	Daños medios en elementos no estructurales, daño leve en elementos estructurales, requiere intervención hasta de 90 días.
Alto	Daños severos en elementos estructurales y no estructurales, requiere intervención de más de 90 días.

Nota: Adaptado de (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2016)

Tabla 2

Cantidad de escuelas según el nivel de afectación

NIVEL DE AFECTACIÓN	INSTITUCIONES EDUCATIVAS	N° ESTUDIANTES
Bajo	88	43256
Medio	78	38333
Alto	394	142406

Nota: Esta table muestra la cantidad de escuelas de Manabí, de acuerdo al tipo de afectación tras el terremoto del 16 de abril del 2016 (Secretaria de Gestión de Riesgos, 2016).

De acuerdo a la Guía Operacional para la Gestión de Alojamiento Temporales en el Ecuador, las infraestructuras escolares son el último recurso como campamento provisional siempre y cuando no presenten daños (Organización Internacional para las Migraciones, Secretaria de Gestión de Riesgos, 2017); sin embargo, en la emergencia producida por el terremoto, estas edificaciones, al estar al borde del colapso representaban un mayor riesgo para los niños/as, adolescentes, jóvenes y adultos.

La amenaza de un sismo siempre estará presente para cualquier parte del territorio ecuatoriano, lo cual implica que los centros educativos deben estar en la capacidad de resistir el fenómeno natural no solo a nivel de gestión (sistemas de alerta temprana dependiendo el desastre, eficientes planes de contingencia y mecanismos de acción humanitaria) sino a nivel estructural, es decir tener capacidad sismorresistente; esto marcará la diferencia entre una comunidad escolar devastada o una que se recuperará eficazmente.

Las estructuras escolares funcionan durante muchos años, por lo que su vulnerabilidad es afectada por factores como el mantenimiento, las reformas en los códigos

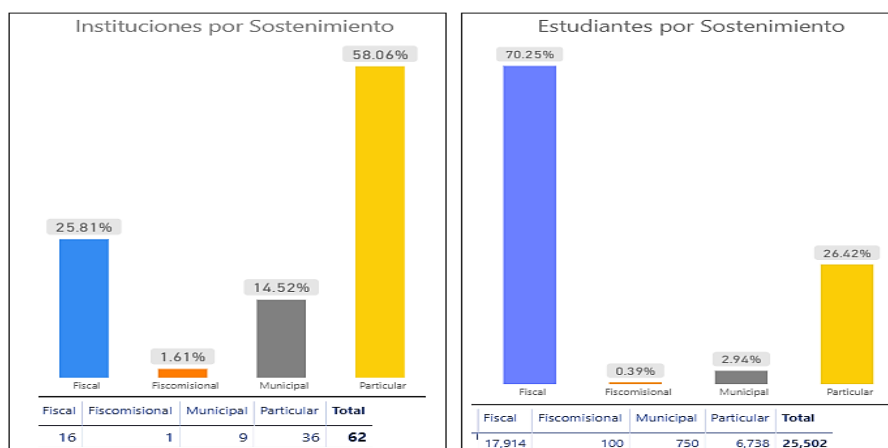
de construcción, los materiales, el diseño estructural, entre otros parámetros; un instrumento que detalla este análisis es “La guía para mejorar la seguridad de los peligros naturales en las escuelas” (FEMA P1000, 2017).

Efecto del crecimiento poblacional una de las parroquias en las que se aumentan las instituciones educativas es Sangolquí, en esta parroquia en el año escolar 2018- 2019 se registraron 25502 estudiantes, 1274 docentes y 62 establecimientos educativos hasta el nivel de bachillerato (Ministerio de Educación, 2020).

El presente proyecto busca la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de las unidades educativas localizadas de la parroquia de Sangolquí, basada en la guía (FEMA P1000, 2017).

Figura 1

Estudiantes e instituciones de la parroquia de Sangolquí



Nota: La figura muestra la cantidad de estudiantes e instituciones educativas por sostenimiento (Ministerio de Educación, 2020).

Antecedentes

Ecuador se encuentra ubicado en el dominio del cinturón de fuego del pacífico, por lo que resulta que es vulnerable frente a eventos sísmicos producidos por la placa oceánica de Nazca y la presencia de un complejo de sistemas de fallas activas locales. Según, (Parra, Benito, & Gaspar, 2019) el registro de eventos sísmicos en el país, data del año 1906 con Magnitud Mw 8.8 producido en la costa Ecuatoriana por lo que provoco pérdidas económicas y humanas, posteriormente hay una recurrencia de terremotos con magnitudes superiores a Mw 7.0, lo que ha situado al país en una zona de alto riesgo, cuyos epicentros son cerca de las grandes ciudades. El 16 de Abril de 2016, fue el último sismo con una Magnitud Mw 7.8 que produjo afectaciones graves en Manta y Pedernales a una profundidad de 17 Km de acuerdo con (IGM, 2020), y 4500 réplicas posteriores. En detalle afecto a grandes construcciones de baja calidad, los cuales presentaron deslizamiento y fenómenos de licuefacción.

La Unidades Educativas según FEMA P-1000 (2017), por su funcionalidad y configuración deben dar seguridad al personal y gente aledaña al sector frente a un desastre natural por lo que sus instalaciones deben ser las más apropiadas brindando un refugio, para resguardar la vida de las personas. La capacitación es importante para estar preparados ante emergencias de diferente ámbito lo que debería ser política para las unidades educativas.

Una de las principales causas del daño en las edificaciones, provocadas por desastres naturales se debe al inadecuado comportamiento de las estructuras, por lo que es necesario conocer el grado de vulnerabilidad que presentan según la configuración estructural.

Justificación e Importancia

Ecuador es considerado un país de alto riesgo sísmico, ha sufrido de varios sismos históricos que han dejado tanto pérdidas de vidas humanas como pérdidas económicas, sus normativas de construcción llevan menos de 50 años en vigencia con pocas actualizaciones, comparado a su historia y sus muy emblemáticos edificios coloniales, se ve necesario realizar un estudio de vulnerabilidad de las estructuras, tanto para entidades públicas como privadas.

Para el presente proyecto de investigación se fija en las instituciones educativas por su importancia, ya que son establecimientos de permanente concurrencia de niños y jóvenes, además de ser considerados en muchos casos, puntos de encuentro para emergencias, de acopio, refugios, zonas electorales, entre otros.

Se ve necesario la aplicación de una guía que tenga como fundamento principal la sismo resistencia (criterio contemplado en la normativa vigente NEC 15), considerando aspectos técnicos, los sistemas constructivos e identificando falencias que conlleven a un deficiente comportamiento de la estructura, los cuales pueden ocasionar desprendimientos y en el peor de los casos el colapso, dicho de otro modo, es necesario evaluar el grado de vulnerabilidad de los establecimientos educativos para preservar la vida de nuestras comunidades educativas.

Además, con la misma guía se realiza una evaluación de capacidad de respuesta a la institución, para determinar la agilidad del plan de emergencias.

Objetivos

Objetivo General:

Aplicar la guía “Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica para unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí” para evaluar el grado de vulnerabilidad, así como las debilidades existentes en las unidades educativas y establecer comparaciones entre los resultados obtenidos.

Objetivos específicos

- Evaluar el grado existente de la sismo-resistencia de edificaciones educativas en la parroquia de Sangolquí
- Identificar el grado de las vulnerabilidades correspondientes del personal docente, administrativo y de alumnos en las edificaciones educativas existentes en la parroquia de Sangolquí.
- Establecer comparaciones entre los resultados del levantamiento de datos.

Marco Teórico

Riesgo sísmico

Se define al riesgo como las posibles consecuencias económicas, sociales y ambientales debido a un fenómeno peligroso en un período de tiempo, en este aspecto el riesgo sísmico tiene que ver con las consecuencias fruto de un posible movimiento telúrico.

Caracterización del Riesgo Sísmico.

Los métodos empleados para la caracterización del riesgo sísmico, se clasifican en:

1. Métodos uniparamétricos: caracterizan el elemento mediante un solo parámetro, el índice o grado de vulnerabilidad. Suelen utilizar cinco estados de daño diferentes del nulo.
2. Métodos multiparamétricos: definen la acción sísmica mediante espectros de respuesta elástica, y el elemento expuesto mediante espectros de capacidad.

En el proyecto de investigación se aplicará la caracterización del riesgo sísmico mediante métodos uniparamétricos, adoptando el método de índice de vulnerabilidad (MIV) el cuál recoge información del riesgo sísmico, factores y matrices de probabilidad de daño.

En el proyecto se aplicará un sistema de puntuación, considerando como grados de vulnerabilidad (A, B, C, D).

Vulnerabilidad (V)

En términos generales, se describe a la vulnerabilidad como aquel estado de susceptibilidad al daño por exposición al estrés asociado al cambio ambiental y la ausencia de la capacidad de adaptación.

En el presente proyecto, se referirá a la vulnerabilidad en el contexto sísmico, en el cual se la describe como la susceptibilidad al daño por temblor de tierra de una intensidad determinada.

Evaluación de vulnerabilidad

El objetivo de una evaluación de vulnerabilidad es obtener la probabilidad de daño a un tipo de edificio dado debido a un escenario de terremoto.

Existen varios métodos, tanto antiguos como actualizados, que permiten el análisis de la vulnerabilidad sísmica. Una clasificación acertada es la que se expresa en el trabajo de Dolce et al. (1994), donde agrupa las metodologías en cuatro grupos en función de la fuente de información disponible: métodos analíticos-teóricos, experimentales, empíricos e híbridos.

1. **Métodos analíticos y teóricos:** Son numéricos y computarizados, basados en teorías clásicas de elasticidad, plasticidad, agrietamiento y daño, con enfoques destacados como el método de elementos finitos y el análisis de límites, que al ser cuantitativos requieren muchos parámetros para modelar las características físicas reales de la estructura, por lo que se utilizan comúnmente para edificios que requieren especial atención como: edificios históricos, museos, escuelas, etc. (Preciado et al., 2014). Según Caballero (2009), entre los métodos más utilizados están: NSR-98; FEMA 178; ATC-14 Y FEMA 273.
2. **Métodos experimentales:** Consisten en la implementación de ensayos para obtener las características mecánicas y dinámicas de una estructura existente mediante la evaluación de la calidad de los materiales constructivos para propiedades mecánicas (resistencias, módulo E, relación de Poisson, etc.) y mediante las frecuencias naturales por medio de equipos especiales (acelerómetros) y vibración ambiental en el caso de características dinámicas que permite obtener información relevante del estado real de daño y vulnerabilidad de una estructura (Preciado et al., 2014).
3. **Métodos empíricos:** Son cualitativos y subjetivos al basarse en la experiencia adquirida por los daños observados por terremotos, se desarrolla la metodología in situ mediante un cuestionario de evaluación e inspecciones visuales. Se utilizan

cuando la información disponible es limitada y se desea realizar una evaluación preliminar a escala territorial de forma rápida (Preciado et al., 2014). Se tienen dos métodos principales según Preciado et al. (2014):

- 3.1.1. Métodos de caracterización o por clase de vulnerabilidad: Clasifica los edificios por la tipología en clases de vulnerabilidad y mediante el desempeño sísmico que han tenido estructuras de la misma tipología ante terremotos relevantes (Ej.: EMS-98) (Ballesteros & Caizaguano, 2020).
- 3.1.2. Métodos de inspección y puntaje o de índice de vulnerabilidad: Se desarrolla al identificar y puntuar las potenciales deficiencias de una edificación hasta determinar un grado de vulnerabilidad (Ballesteros & Caizaguano, 2020).
4. Métodos híbridos: Es una combinación de los métodos antes descritos y se utilizan para obtener resultados confiables de vulnerabilidad al comparar características físicas reales (métodos experimentales) con modelos analíticos o empíricos. Según Alam (2012), los métodos híbridos más utilizados para la evaluación de vulnerabilidad y que presentan mejores resultados son: FEMA 154, FEMA 310, IITK-GSDMA, Euro Código 8, Código de Nueva Zelanda, NRC y Metodología Turca.

Estas metodologías de estudio de la vulnerabilidad sísmica dependerán del tipo de investigación que se esté desarrollando, la utilización posterior de los datos y las condiciones económicas, físicas y computacionales que se tengan para realizarla, por lo tanto, es de vital importancia definir correctamente que metodología se utilizará y de esta forma obtener datos confiables.

La metodología aplicada en el proyecto en cuestión es la empírica del método de inspección y puntaje.

Grupos de Vulnerabilidad (GV)

Para el presente trabajo se tiene tres grupos de vulnerabilidad los cuales podrán ser cuantificados.

- 1. GV1:** Se describe aspectos generales de la estructura, como: el tipo de edificio según el FEMA, número de pisos, tipo de suelo, condiciones de golpeteo y adyacencia.
- 2. GV2:** Se realiza un análisis de la vulnerabilidad de elementos estructurales de la unidad educativa, en cuanto a (columnas, vigas y losas), relación largo ancho, patologías e irregularidades en planta y elevación.
- 3. GV3:** Se realiza un análisis de la vulnerabilidad de elementos no estructurales tales como: estado de conservación de cubiertas, condición de las puertas de emergencia y ventanas.

Se profundizará cada condición en el siguiente capítulo, con su respectiva metodología.

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

Es importante considerar que hace más de cuarenta años, en Ecuador no se contemplaba un ente de regularización para la construcción, y muchas de las instituciones educativas de la parroquia Sangolquí son antiguas.

El año de construcción es un factor importante para realizar la evaluación del grado de vulnerabilidad de las edificaciones, puesto que estas deben cumplir con los parámetros de diseño del ASCE (American Society of Civil Engineers), en la cual menciona que se acepta daño en la estructura posterior a un evento sísmico máximo considerado, daños significativos en los elementos no estructurales, pero con funcionalidad.

Se establecen puntajes en intervalos, considerando los años desde que apareció la primera norma vigente de construcción, “...de las primeras normas que contemplo el diseño de edificios en el Ecuador es el CEC 77 (Código Ecuatoriano de la Construcción del año 1977),

Seguido del CEC 2000 (Código Ecuatoriano de la Construcción del año 2000) y finalmente la NEC-15 (Norma Ecuatoriana de la Construcción del año 2015)” (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

(Pre Código)

En 1977 entra en vigencia la primera norma ecuatoriana para la construcción, es por esto que antes de la aparición de esta normativa, las construcciones no tenían un control, se las realizaba de manera informal sin tener un control técnico y tampoco un control de calidad, por lo que las instituciones educativas construidas antes de este año son consideradas las más antiguas y se las define como estructuras de un desempeño estructural deficiente.

Código Ecuatoriano de Construcción 1977 (Período de Transición)

Ante la falta de confianza y temor de colapso de las estructuras informales, se consolidó la primera normativa de construcción en el Ecuador, en el año 1977 mes de junio, con el nombre de “Código Ecuatoriano de la Construcción” (CEC 77), publicado con registro oficial N369, elaborado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y en base a la norma estadounidense American Concrete Institute (ACI), adaptado a las condiciones de Ecuador.

En esta normativa se planteó el objetivo de mejorar la seguridad y calidad de las construcciones, así también como resguardar la vida de sus habitantes. A partir de este código se creó la Guía popular de Construcción Sismo Resistente, tratando únicamente con edificaciones hasta de tres pisos, y que no contentan elementos prefabricados o preesforzados.

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

Como antecedente, el sismo que ocurrió en Bahía de Caráquez, el 4 de agosto de 1998, con edificaciones colapsadas y la respuesta de desempeño deficiente, dejó como evidencia que se necesitaba más investigación y mejorar la seguridad de las construcciones ante acciones sísmicas, es por esto que se redactó el capítulo 12 del Código Orgánico de la

Construcción y fue oficializado en el 2001, llamado “Peligro Sísmico, espectros de diseño y requisitos mínimos de cálculo para diseño sismo resistente”, y obligando su uso.

El objetivo principal fue en diseñar y calcular edificaciones que sean capaces de soportar cargas laterales, sus derivas de piso sean menores a las admisibles y sea capaz de disipar energía en el rango inelástico.

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

El comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), fue conformado por el Decreto Ejecutivo N705, el 6 de abril del 2011, con registro oficial N 705, dicho comité fue encargado de expedir la Norma Ecuatoriana de la Construcción contemplando requisitos mínimos a ser observados en el diseño, construcción y control en la ejecución de obras, y como prioridad está orientada a proteger las vidas de las personas.

Parámetros de GV1

Al ser el primer filtro de calificación que pasa en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en Instituciones educativas mediante la guía de (Ballesteros & Caizaguano, 2020), se profundizará en este punto, sin embargo para el GV2 y GV3 se tendrán mayores detalles en el capítulo de marco metodológico.

Número de pisos

Una unidad educativa tradicional de Ecuador se las puede encontrar desde 1 planta hasta 4, y además tiene varios años de funcionamiento. Esto da cabida a identificarlo como un factor en la vulnerabilidad, mientras más antigua sea la edificación y tenga una altura considerable, esta presentaría una respuesta deficiente ante amenazas telúricas, poniendo de ejemplo una estructura construida antes del 77(hasta un máximo de 3 pisos), esta no podría ser diseñada y calculada con la filosofía de sismo resistencia, es decir serían más vulnerables que las edificaciones construidas con la NEC 15, las cuales presentarían una mejor respuesta ante estas amenazas.

Es por esto que se considera una condición relacionada en el número de pisos y el año que fue construida, y con más enfoque en las estructuras de más de cuatro pisos, ya que las estructuras construidas con el post código (CEC 2000) y mejor aún la NEC 15, tienen implementado el diseño sismo resistente.

Tipo de edificio FEMA

Se evalúa el tipo de edificio según su metodología constructiva y sus elementos estructurales, para esto el evaluador es capaz de diferenciar los diferentes tipos de edificaciones y si no puede ingresar o determinar su tipología, se descartarán los sistemas que no pertenezcan a la construcción evaluada y se definirá entre las otras opciones restantes.

Los tipos de edificaciones se han definido en 13 grupos presentados por la (FEMA P-154, 2015).

Condición de golpeteo y adyacencia

En grandes ciudades es común ver varios edificios adyacentes, es decir edificios colindantes muy cercanos el uno al otro, y en movimientos telúricos estas edificaciones oscilan provocando un riesgo de golpeteo respondiendo al movimiento del suelo, esto puede provocar daño en las estructuras así que se considera como otro factor de vulnerabilidad.

También pueden provocarse daños en los elementos no estructurales, los cuales al romperse y caer pueden provocar muertes humanas, y en el peor de los casos el edificio adyacente puede colapsar generando obstáculos para la evacuación o peor aún daños colaterales a la edificación evaluada. Se considera la diferencia en separaciones mínimas de cada piso como nivel de amenaza sísmica.

Obtenida la información de diferencias de alturas y separaciones, con la FEMA P-154 (2015) se puede establecer dos criterios de evaluación: Golpeteo y Adyacencia. Si el área de construcción presenta variación en el tipo de suelo, se debe considerar juntas.

Tipo de Suelo

Otro punto muy importante a evaluar, es el tipo de suelo donde se encuentran cimentadas las estructuras, el análisis de comportamiento suelo-estructura, ha evidenciado la influencia del suelo en la amplificación del sismo, dando como resultado mayores daños en edificaciones sobre suelos blandos y en el peor de los casos colapsos, a diferencia de los suelos duros, que poseen un mejor V_s30 , dando comportamientos aceptables.

La (NEC, 2015), establece seis tipos de perfiles de suelo para el diseño sísmico, los cuales fueron categorizados por la velocidad media de la onda de cortante (V_s30), de los cuales los perfiles A y B son catalogados como suelos duros, estos suelos dan como resultado una menor vulnerabilidad, en cambio los perfiles E y F son considerados los suelos más vulnerables.

Gestión de riesgos

Con respecto a desastres es a partir del 2008 que el Ecuador aborda en su constitución la gestión de riesgos, con el fin de responsabilizar al estado en la protección de los ciudadanos frente a estos y como institución rectora la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR) y la conformación del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos (SNDGR)

Se transfieren las competencias a otros niveles jerárquicamente dependientes y quedan conformados los niveles de desconcentración: nivel central, zonal, distrital y de circuito.

Desde el Viceministerios de Gestión Educativa sigue la Subsecretaria de Administración Escolar para luego a nivel central se responsabiliza la Dirección Nacional de Gestión de Riesgos, a nivel zonal la Coordinaciones zonales que tienen a su vez las Unidades de gestión de Riesgo y continuando de manera similar la Direcciones Distritales las Unidades de gestión de Riesgo, finalizando los circuitos educativos con las instituciones educativas sus comités de gestión de riesgo

Los comités ejecutan la gestión de riesgos y se apoyan del “Plan Institucional para la Reducción de Desastres” responsabilidad de este último para hacer frente a las condiciones adversas de un inesperado acontecimiento, tomando decisiones coordinados con las instituciones de apoyo

Análisis de la capacidad de respuesta Cr

Revisión del Plan de Operación de Emergencia POE

El POE se encuentra resumido y aprobado previo al inicio de clases del año lectivo, y se lo presenta en formato de la secretaría de gestión de riesgos del municipio, ya que es un requisito necesario como autorización de funcionamiento de las instituciones educativas. En este documento que cada institución tiene en su archivo, contiene los anexos y detalles necesarios para evaluar la capacidad de respuesta, como lo son: evacuación, brigadas, comunicación exterior e interior, etc. (Ballesteros & Caizaguano, 2020)

Implementación del Plan de Operaciones de Emergencia

Es el formato de Gestión de riesgos del establecimiento (POE), contiene anexos de las acciones que se toman en un caso de emergencia, como lo son evacuaciones, seguridad de toda la comunidad educativa (administración, profesores, estudiantes, otros), en caso de amenazas naturales, etc.

Evaluación del marco educativo

Es la respuesta de apoyo que la institución brinda a la comunidad educativa, evaluando su capacidad de reforzar las aptitudes y destrezas de sus ocupantes, en base a la gestión de riesgos ante eventuales eventos de emergencia como sismos.

Elemento de Terreno (E)

En la guía de evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica, propuesta por (Ballesteros & Caizaguano, 2020) se describe al elemento de terreno (E) como un factor de importancia que se relaciona directamente con el tipo de edificación, su ocupación y la población presente dentro de ella ante la manifestación de un fenómeno natural.

Complemento de vulnerabilidad

En el formulario de la Guía de (Ballesteros & Caizaguano, 2020) para el análisis de vulnerabilidad se consideran como complementos los riesgos potenciales por presencia de taludes cercanos, estos peligros pueden ameritar una evaluación estructural detallada en el caso de existir: golpeteo, riesgo de caída de edificios, geológico, deterioro e irregularidades graves en planta y elevación que pueden indicar asentamientos. En la inspección visual se pueden identificar los asentamientos al observar fisuras, inclinaciones o anomalías en las estructuras.

Además, es necesario especificar los riesgos no estructurales cercanos acompañados de comentarios para complementarlo, lo cual representa una gran ayuda al detallamiento del caso tratado.

Nivel de exposición a la Amenaza (NE)

Es la probabilidad en que la institución educativa se encuentre en una zona de amenaza sísmica.

Para el caso específico de Sangolquí se tienen los siguientes antecedentes:

Fallas geológicas

Falla de Quito (Segmento Puengasí).

Sangolquí se sitúa sobre uno de los segmentos de la falla inversa de Quito, en otros términos, el bloque de Quito se levanta respecto al bloque del Valle de Los Chillos en contra de la gravedad por fuerzas de compresión tectónica, sumado a la historia geológica de los dos bloques dan como resultado que Quito tenga una diferencia de nivel con respecto al del Valle de los Chillos de unos 400 m (Ballesteros & Caizaguano, 2020)

Falla de Machachi.

Esta falla se ubica en el flanco NW del volcán Rumiñahui, es una falla Transcurrente dextral, tiene un ángulo de buzamiento desconocido y su longitud es de 22,72 km, esta falla tiene una gran repercusión en el Valle de los Chillos según (Chicaiza Bósquez, 2016)

Por lo cual se designa un nivel de exposición a la amenaza entre “Alta y “Muy Alta”, y para las evaluaciones posteriormente descritas se utilizará un NE “Muy Alta”.

Vulnerabilidad Total

Es un factor que cuantifica el daño presentado en la estructura debido al terremoto, toma en cuenta la importancia del uso y número de personas que ocupan la infraestructura.

Coefficiente de capacidad

Es un valor que aumenta o disminuye la vulnerabilidad total en función de la capacidad de respuesta.

Riesgo global

Indica una valoración a nivel general de la estructura en función de la peligrosidad sísmica. Por lo cual considera los parámetros de vulnerabilidad total, la capacidad de respuesta y el nivel de exposición a la amenaza.

Modelo de Víctimas

En los últimos años se han desarrollado varios estudios y metodologías para modelar el número de víctimas (Ferreira, Oliveira, & Sá, 2011); dar cifras aproximadas de personas que requieren rescate u hospitalización inmediatamente después del sismo es una tarea complicada.

A través de la modelación se pretende estimar la pérdida máxima probable de personas, pues la cantidad de fallecidos se incrementan luego del desastre, porque la atención médica no es inmediata para los heridos con lesiones graves y se desconoce la posible cantidad de sobrevivientes vivos que estén atrapados

La supervivencia de una persona atrapada no suele superar las 48 horas (Organización Mundial de la Salud), lo cual indica que los sistemas de búsqueda y rescate actúen durante este periodo para salvar la mayor cantidad de vidas.

Para el presente proyecto se aplicará el modelo propuesto en el trabajo de Coburn y Spence (1992); que, adaptado a la población escolar del centro educativo en estudio, presenta una aproximación casi real de posibles víctimas.

Metodología

En el estudio de caso se utiliza la metodología empírica con índices de puntuación; el grado de vulnerabilidad será formado a partir de la creación de una ficha con los datos principales de la institución y se prosigue con la calificación del puntaje Base, grados de vulnerabilidad GV1, GV2 y GV3, capacidad de respuesta y finalmente la vulnerabilidad total.

De manera general, es necesario definir primero los datos del equipo de planeación y restantes encargados, siguiendo:

Evaluación del equipo de planificación

- 1) La evaluación de los parámetros comprende la conformación del equipo de planificación colaborativo o conocido en el plan institucional como el comité de gestión de riesgo por lo cual lo deben representar los actores de la comunidad educativa permanente o temporal directos e indirectos pues el riesgo es latente: 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 mismo cada uno debe contar con un suplente en caso de ausencia y que puntura mejor una conformación inclusiva, el completo conocimiento de roles y responsabilidades como la frecuencia con que se llevan simulacros y actualizaciones.

Con respecto a la capacidad de respuesta de las instituciones se evaluara el equipo de planificación colaborativa por medio de entrevistas o la lectura del plan Institucional de reducción de riesgos de cada institución según considere el estudiante encargado entre los grados ya establecidos (Ga, Gb, Gc, Gd) de mayor a menor respectivamente, previamente la unidad educativa ha de haber dado inicio su gestión de riesgos he identificado riesgos y amenazas donde se especificó la conformación del equipo de

planificación que durante la emergencia con su conocimiento y preparación minimizaran el riesgo de desastre

- 2) Este conocimiento también es valorado con la aplicación del *chek list* de vulnerabilidad pues el equipo de planificación conformado de conocer sus roles responsabilidades he incluso el lenguaje para la eficaz respuesta por que la seguridad de los estudiantes dependen de los buenos gestores como de la infraestructura .
- 3) Se evalúa la periodicidad en que se efectúan reuniones del equipo central de planificación, asistir periódicamente consolida el conocimiento y efectiviza los procesos pues retroalimenta y se pueden mejorar detalles que algún punto fueron pasados por alto una muy buena gestión programa al menos una vez por semana sus reuniones, replantean la información e Identificación de riesgos de unidad educativa.

Entendimiento de la situación

- 4) Los tipos de amenazas que en unidades educativas encontramos son Naturales, tecnológicas, biológicas, y adversas incitadas por el hombre, el equipo de planificación debe conocerlas e identificarles plenamente pues el tiempo de acción se reduce al conocer el plan que procede y el papel que desempeña como buen gestor por tanto la unidad debe capacitar permanentemente a todo los actores de la comunidad educativa. Nuestro enfoque en la identificación de riesgos dentro de las unidades educativas es el sismo, pues en base a diversas investigaciones se considera que: “permanece activa la “Falla de Quito”, Sangolquí y en general el valle de Los Chillos, es susceptible a sufrir un fuerte sismo, producto de esta falla” (García Román & Pedrón Bustos, 2016).
Se concluye que el Valle de los chillos tiene una probabilidad muy alta de amenaza, a mayor comprensión menor vulnerabilidad (Ga)
- 5) La evaluación del equipo de planificación consta también de la autoevaluación de capacidad y que no ha dependido de las entidades estatales pues por iniciativa propia se han informado de sus roles y responsabilidades, los puntos de evacuaciones bien

identificados según se la amenaza, la señalética y los accesos acondicionada para todo tipo de personas con capacidades diferentes, se evalúan que han identificado vulnerabilidades físicas internas de la institución , el entendimiento que tengan de la situación, la capacidad para identificar amenazas, el compromiso y la ejecución de estrategias para que la comunidad conozca sus roles y también puedan ser evaluados.

- 6) Es de gran importancia la coordinación con sus socios comunitarios pues estos deben estar identificados, actualizados y socializados de las gestión de riesgos, la responsabilidad que los representantes de padres de familia asumen es de vital importancia y contactos constan en el plan institucional, en la gestión de riesgos no solo los actores directos influyen y en caso de que no puedan responder los socios comunitarios pueden apoyar con asistencia siempre y cuando tengan la información correcta como el número de alumnos y personas en general dentro de la institución.
- 7) Con los planes de acción de la unidad educativa El equipo de planificación deberá identificar los recursos con los que cuenta la unidad educativa y esto se ponderara de manera positiva en la capacidad de respuesta de las unidades que evaluaremos, estos recursos deben encontrarse disponibles en una cantidad proporcional a las áreas que pueden ser afectadas, que se encuentren en un estado óptimo para reflejar calificaciones de menor vulnerabilidad en la aplicación de la herramienta *check list* se especifica algunos de los más importantes: extintor, botiquín, radios, señaléticas, mapas de recursos, sitios seguros , enfermería y cuantos recomiende las instituciones reguladoras y con enfoque en nuestro caso al riesgo sísmico.
- 8) El equipo de planificación deberá identificar de manera adicional los riegos extremos, a mayor desconocimiento se refleja mayor vulnerabilidad (Gd), es así que a más de 500 m de distancia debe estar identificados las amenazas físicas

Determinar Objetivos y Metas, Desarrollo de Cursos de acción

- 9) Al evaluar El equipo de planificación tomamos en cuenta los objetivos y metas que plantean en sus planes y el desarrollo de los planes de acción y simulacros, una buena gestión muestra múltiples objetivos y metas para cada amenaza y una menor puntuación de vulnerabilidad (G_A). Todo lo relacionado con Objetivos y metas que vienen de la gestión de riesgo que se habló previamente, los cursos de acción pertenecen al punto 10 del formato de del Plan Institucional para Reducción de Riesgos que a partir de la identificación de riesgos son los que identifican problemas y propone acciones se debe tomar al respecto, quien está encargado y toma acciones responsables, para que tiempo está planificado solucionarlo, cual es la metodología con la que lo va realizar y que se necesita de forma extra.
- 10) Otra puntuación de menor vulnerabilidad será el de aplicar cursos de acción mismos que como un proceso constan de planificación acción verificación y actuación, para cada tipo de amenaza buscando resultados alcanzables como tiempos

Puntaje Base

El puntaje base viene dado por el año en que fue construido, para esto se toma la tabla de (Ballesteros & Caizaguano, 2020) donde se especifica 4 putos, de los cuales el primero constata las edificaciones construidas con la normativa en el siguiente orden: norma vigente NEC 15, CEC 2000, CEC 77 y por último las construidas sin código, que conciernen antes del año 1977. El puntaje será mayor según sus años de antigüedad.

Grupos de vulnerabilidad GV1, GV2 y GV3

Para los grupos de vulnerabilidad GV1, GV2 y GV3, que serán analizados a continuación se empleara la siguiente Tabla, que de acuerdo a su porcentaje se considerada el mayor grado de vulnerabilidad ($G_A: 20$) e ira disminuyendo de acuerdo a las distintas condiciones que se presenten en el estudio:

Tabla 3

Puntaje de los grados de vulnerabilidad para GV1, GV2 y GB3

Grado de Vulnerabilidad	Porcentaje (%)
G_A	20
G_B	40
G_C	60
G_D	80

Nota: Adoptado de (Ballesteros & Caizaguano, 2020)

Para un adecuado entendimiento de las condiciones presentadas se sugiere, la guía de vulnerabilidad sísmica realizada por (Ballesteros & Caizaguano, 2020), en el cual se expone en tablas los tipos de irregularidades más comunes en edificaciones, patologías en columnas, vigas, paredes y cubiertas de acuerdo al tipo de material como otros aspectos.

Grupo de vulnerabilidad GV1

Número de pisos

Esto se define con un criterio visual, y si es mejor, obtener los planos del edificio donde se establezca el número de plantas. Para esto se evalúa conforme al año que fue definido en el punto anterior y por el número de pisos que posea la estructura, la cuales contempla con una mejor puntuación aquellas que son construidas con la normativa vigente a la NEC 15, y menor a 4 pisos. El puntaje será mayor, a mayor número de pisos.

Tipo de Edificio FEMA

Se identifica los tipos de estructuras definidas por la FEMA, las cuales fueron agrupadas por (Ballesteros & Caizaguano, 2020) de la siguiente manera:

- GA: W1
- GB: S1, S3
- GC: S2, S4, S5, C2

- GD: C1, C3, PC, RM, URM

Condición de golpeteo

Cuando la estructura evaluada presenta adyacencia con otro edificio presenta una amenaza de golpeteo, considerándola como amenaza sísmica “Muy Alta” por ubicarse en una zona de fallas geológicas, donde se considera una separación de juntas mínimo de 5cm.

La separación mínima que debería tener la junta, se la calcula con las siguientes fórmulas:

$$\Delta(p) = \# \text{PISOS}_A - \# \text{PISOS}_B \quad (1)$$

$$S_{\text{mín}} = \Delta(p) \times 5\text{cm} \quad (2)$$

Condición de adyacencia

Para evaluar la condición de adyacencia se considera lo siguiente:

- No presenta edificios cercanos que puedan ocasionar golpeteo: Si la estructura no presenta alguna estructura cerca

- El edificio se encuentra en una fila de más de 3 edificios

En el caso de que el edificio se encuentre al final de una fila de 3 edificios, éste recibe mayores demandas durante el oscilamiento, ocasionado por los mismos, al no compensar en un lado libre con otro bloque que compense dichas cargas transmitidas

- Nivel de pisos entre edificios es más de 60cm en vertical

Se califica con este criterio cuando se evidencia una diferencia de niveles entre las estructuras adyacentes, con 60 cm de separación entre losas, esta separación lo que provoca es que, en caso de sismos, las losas golpeen con columnas o vigas con columnas, ocasionando desprendimientos y en el peor de los casos rupturas de estos elementos ocasionando colapsos.

- El edificio adyacente tiene más de dos plantas que el evaluado

Esto se da cuando el edificio presenta otro más pequeño teniendo una diferencia de dos pisos o mayor, donde el edificio pequeño provoca fracturas en el edificio más alto.

Tipo de Suelo

Este dato es obtenido de los administrativos del establecimiento o de su representante, del cual tienen conocimiento o registrado en su archivo, en caso de no conocer el tipo de suelo por no haber realizado estudios, se lo categoriza entre la categoría tipo de suelo "C" ó "D" (Ballesteros & Caizaguano, 2020).

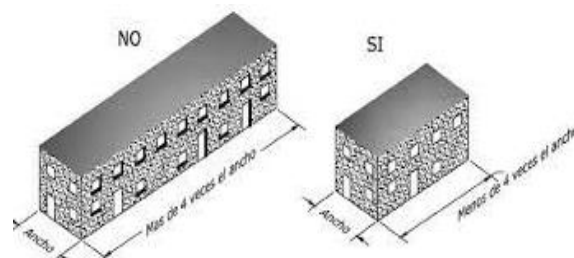
Grupo de Vulnerabilidad (GV2)

Relación Largo Ancho

En una edificación cuando una de sus longitudes es excesiva se ve afectada su comportamiento estructural, de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015), se recomienda una relación largo ancho no mayor a 4, además que ninguna longitud sea mayor a 30 metros, si fuese el caso se deberá ejecutarse juntas de construcción.

Figura 2

Adecuada relación largo ancho



Nota: Recuperada. Guía práctica para la evaluación y rehabilitación de estructuras de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015).

Para la selección del grado de vulnerabilidad para la relación Largo Ancho, edificaciones que presenten una relación mayor a 4 y una de sus longitudes sea mayor a 30m se asignará

el grado (G_D), si únicamente posee una relación mayor a 4 se utilizara (G_C) caso contrario si la relación es menor a 4 y una de sus longitudes se aproxima a 30m (G_B) y finalmente (G_A) para una relación menor a 4.

Irregularidades en Planta.

La (NEC, 2015) recomienda que las estructuras deben ser lo más simétricas y regulares posibles en planta, priorizando las formas cuadradas o rectangulares. Para la evaluación, se considera la descripción de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** de la guía, donde se presenta las distintas irregularidades en planta de edificaciones, el mayor grado de vulnerabilidad será para una estructura que sea regular en planta y disminuyendo en estructuras que presenten irregularidades por sistemas no paralelos.

Irregularidades en Elevación.

Para la evaluación de irregularidades en elevación se considera la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** de la guía, donde se puede encontrar los principales tipos de irregularidad en edificaciones, el mayor grado de vulnerabilidad se presentará en una estructura que sea regular en elevación y el peor grado aquellas estructuras que presenten columnas cortas o piso blando.

Ampliaciones Verticales y Horizontales.

Para la evaluación de ampliaciones se considera la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** de la guía, donde se identifica las principales condiciones existentes, para ampliaciones horizontales y verticales de una estructura. La importancia en esta condición, se debe a que por la configuración de la edificación puede presentar importantes daños a causa de un sismo.

El mayor grado de vulnerabilidad para ampliaciones verticales como horizontales se presentará en una estructura que no presenten ninguna ampliación y el peor grado aquellas estructuras que tengan una o más plantas con diferentes configuraciones que la principal.

Patologías en Vigas.

Las condiciones de vulnerabilidad serán aplicadas según el grado de afectación que pueda provocar en el elemento viga de cualquier tipo de construcción, para vigas que no presenten patologías será asignado con el mayor grado de vulnerabilidad, e ira disminuyendo de acuerdo a las afectaciones que esta tenga el peor grado se colocara en aquellas vigas que presenten grietas por corte.

Patologías en Columnas.

Las columnas son elementos estructurales que trabajan a compresión, para la identificación de diferentes patologías de acuerdo a su material se recomienda la Tabla 66 de la guía, según su condición se le asignará a cada una el grado de vulnerabilidad correspondiente. El mayor grado de vulnerabilidad se colocará para estructuras que no presenten patologías e ira disminuyendo si se tiene condiciones de agrietamiento o fisuras debido a cargas superior a la prevista, resistencia inadecuada del hormigón o pandeo de la armadura entre otros.

Patologías en Losas de Entrepiso y Cubiertas Planas.

Para la evaluación de patologías en losas de entrepiso y cubiertas planas, se ha identificado las afectaciones más comunes que producen molestias hasta fallas que pueden provocar el colapso de la estructura de acuerdo al tipo de material de construcción, se

considera para edificaciones que no presenten patologías el mayor grado de vulnerabilidad (G_A) y para agrietamientos por sobrecarga excesiva el grado (G_D).

Patologías en Paredes.

Existen diferentes tipos de mampostería ya sea estas construidas por ladrillos, bloques de cemento o piedras talladas, se presentan lesiones físicas como agrietamiento o fisuración las causas podrían ser la humedad por la acción de hongos y moho, la suciedad o la erosión de acuerdo a su condición, en fachadas principales o interiores se le asignará el grado de vulnerabilidad correspondiente considerando el de mayor grado aquella edificación que no tenga patologías en el mampuesto, es decir su estado este en perfectas condiciones.

Grupo de Vulnerabilidad (GV3)

Elementos No Estructurales Exteriores

Para la evaluación de la vulnerabilidad de las unidades educativas es predominante considerar elementos no estructurales externos como: chimeneas, paneles, cerramientos los cuales por una mala fijación puedan caer y obstaculizar la movilidad del personal de la institución en caso de emergencia como un sismo, la ausencia de los mismos se espera el mejor grado de vulnerabilidad para el respectivo análisis.

Elementos No Estructurales Interiores.

Para la evaluación de la vulnerabilidad de las unidades educativas es predominante considerar elementos no estructurales interiores como: archiveros, gabinetes, cielos rasos, instalaciones eléctricas, entre otros. los cuales por una mala fijación puedan caer y obstaculizar la movilidad del personal de la institución en caso de emergencia, si presentan una adecuada colocación e implementación se espera el mejor grado de vulnerabilidad, y el peor cuando a su mala colocación provoca un alto riesgo de caída.

Estado de Conservación de la Edificación.

El criterio de conservación dependerá de las condiciones en la que se encuentra la edificación entre los elementos más importantes para la evaluación se encuentra mampostería, elementos y sistemas estructurales y no estructurales, se presentan 4 niveles de apreciación. Los criterios de clasificación son optados por la guía, los cuales son identificado a continuación:

- **Muy bueno (G_A):** El estado de la estructura se ve relacionado por la buenas condiciones de las cubiertas, puertas y ventanas, como la pintura La calificación está relacionada con el estado de la construcción, el estado de la pintura y la ausencia de patologías.
- **Bueno (G_B):** El criterio de evaluación se da que a pesar que la estructura tiene algunos años de construcción, en ella no se nota el paso del tiempo posiblemente a mantenimientos realizados.
- **Regular (G_C):** La estructura presentan una inadecuada conservación de su estructura, se percibe un maltrato por el paso del tiempo, y hay una falta de atención de sus componentes.
- **Deficiente (G_D):** La estructura presenta malas condiciones de uso, tanto en elementos estructurales como no estructurales, evidenciado claramente su causa.

Estado de Conservación de Cubiertas.

Se realiza una evaluación del estado de conservación de las cubiertas debido a que tienen una vida útil y para ello deben mantenerse en buen estado.

Los criterios de clasificación son optados por la guía, los cuales son identificado a continuación:

- **Muy bueno (G_A):** El estado de la cubierta de acuerdo a su material, se encuentra en perfectas condiciones y buen uso.

- **Bueno** (G_B): La cubierta tiene una buena apariencia debido a posibles mantenimientos realizados.
- **Regular** (G_C): La cubierta tiene algunos partes o elementos en malas condiciones, sin embargo se presume un mantenimiento.
- **Deficiente** (G_D): La cubierta se encuentra totalmente destruida, provocando su inmediato reemplazo.

Puertas de Salida, o Emergencia.

Un elemento importante ante una emergencia son las puertas de salida debido a que es considerada por el medio que el personal y estudiantes de la unidad educativa realizará su evacuación, por lo que se establece normas básicas para su colocación:

- Las puertas deben contar con un ángulo de apertura máximo entre 135° y 180° y deben ser abatibles hacia el exterior sin que sus hojas obstruyan pasillos o escaleras. En caso de obstaculizar el paso se recomienda la colocación de puertas corredizas o plegables.
- Se recomienda eliminar y dejar de utilizar las cerraduras tipo pomo, y dar paso a cerraduras tipo palanca o de accionamiento, o automáticas
- Las puertas deben tener un ancho mínimo libre de 0.90 m y altura 2.05 m.
- En puertas debe dejarse un espacio libre cerca de la apertura (0.45- 0.55 m), la profundidad del espacio libre debe ser de 1.20 adicional al barrido de la puerta.
- Las agarraderas de las puertas y sus cerraduras deben ser fáciles de manipular por las personas con discapacidad y movilidad reducida; las puertas deben tener una barra horizontal ubicada entre 0.80 m. y 1.20 m (de preferencia 0.90 m) a nivel del suelo.

El mejor grado de vulnerabilidad será asignado al mayor porcentaje de puertas que cumplan con los requisitos anteriormente indicados, caso contrario la asignación de porcentaje será el peor.

Material de Ventanas.

Las ventanas pueden ser adoptadas como una opción de salida de emergencia en caso de que las puertas estén aglomeradas del personal de las unidades educativas, por lo que deben ser destruidas, en caso de ser necesario.

Las dimensiones de las ventanas están condicionadas principalmente por la altura del nivel del ojo, tomando en cuenta los siguientes criterios (CONADIS, 2018).

- 1.2 m de altura, posición de una persona sedente.
- 1.6m de altura, posición de una persona ambulante.
- Ángulo de visión 30° hacia arriba y hacia abajo.

Se recomienda que se utilice vidrios templados, ya que este material se desgrana al romperlos y no forman puntas afiladas que pueden causar cortes. El mejor grado de vulnerabilidad será asignado al mayor porcentaje de ventanas que cumplan con los requisitos anteriormente indicados, caso contrario la asignación de porcentaje será el peor.

Accesibilidad Universal.

Los edificios escolares deben cumplir con requisitos básicos para una accesibilidad inclusiva, esto es un entorno amigable para la comunidad escolar con discapacidades, como el personal o estudiantes que usan sillas de ruedas, a continuación, se encuentran los elementos principales para accesibilidad universal:

- **Rampas:** elemento que facilita la circulación y acceso a las personas con discapacidad en sillas de ruedas su aplicación debe permitir el acceso seguro a una edificación.

Consideraciones:

- La pendiente transversal máxima 2%.
 - Hasta 15 metros de pendiente: inclinación de 6 - 8 %
 - Hasta 10 metros de pendiente: inclinación de 8 - 10 % (incorpora pasamanos)
 - Hasta 3 metros de pendiente: inclinación de 10 - 12 % (incorpora pasamanos)
- **Escaleras:** Son la solución más adecuada para salvar desniveles, sin embargo, son excluyente cuando únicamente se tiene esta opción ya que limita su uso y acceso a personas con sillas de ruedas.

Consideraciones:

- Ancho mínimo: 1.20 m.
- Altura contrahuella: 18 cm
- Las huellas deben cumplir la relación: $b = 0,64m - 2(a)$
- Se debe incorporar pasamanos, con un ancho de 1.0 m y distancia a la pared de 5cm.

El mejor grado de vulnerabilidad será asignado al identificarse satisfactoriamente las normas básicas para accesibilidad inclusiva dentro de la Unidad educativa, es decir que cumpla con las dimensiones de rampas y escaleras facilitando el acceso.

Vulnerabilidad de la estructura

Para la determinación del grado de vulnerabilidad en la unidad educativa respectiva se realiza el siguiente procedimiento:

- Se obtiene el Puntaje base, determinado por el año de construcción de la edificación.

- De acuerdo a la evaluación obtenida en el formulario se obtiene los modificadores de puntaje para cada GV, como se describe en la figura y con la utilización de las ecuaciones siguientes:

Figura 3

Resultados de vulnerabilidad de una estructura según la guía de (Ballesteros & Caizaguano, 2020)

VULNERABILIDAD:					Puntaje Base =		
I	Puntaje Base				GV1	I	
	12,5	22,5	45	55	<input type="text"/>	<input type="text"/>	= <input type="text"/>
GV1	0,2250	0,225	0,1875		GV2	I	
GV2	0,1125	0,113	0,0938		<input type="text"/>	<input type="text"/>	= <input type="text"/>
GV3	0,0375	0,038	0,0313		GV3	I	
					<input type="text"/>	<input type="text"/>	= <input type="text"/>
V = PuntajeBase + GV					GV = <input type="text"/>		
V = <input type="text"/>							
60 < V ≤ 80		Alto	Realizar análisis estructural detallado				
40 < V ≤ 60		Medio	Evaluar mediante FEMA P-154				
20 < V ≤ 40		Bajo	Considerar recomendaciones de esta guía				

Nota: Adoptado de (Ballesteros & Caizaguano, 2020)

- El puntaje GV final está en función del valor de cada grupo de vulnerabilidad; estas condiciones influyen en diferente medida al puntaje final de la vulnerabilidad, siendo las más importantes las categorías GV1 y GV2, por lo tanto, a estas se les ha asignado una mayor influencia sobre la vulnerabilidad dependiendo del puntaje base como se plantea a continuación:

$$GV = I_{(GV1)} \cdot Gv_1 + I_{(GV2)} \cdot Gv_2 + I_{(GV3)} \cdot Gv_3 \tag{3}$$

- Para calcular el grado de vulnerabilidad se toman los valores de puntaje base y los grupos de vulnerabilidad GV.

$$V = P.Base + GV \tag{4}$$

- El valor obtenido se clasificará en tres niveles: alto, medio o bajo, para lo cual se procederá a realizar el análisis respectivo de acuerdo al valor de vulnerabilidad calculado.

A partir de la vulnerabilidad hallada se pueden realizar las matrices de probabilidad de daño.

Matriz de probabilidad de daño

Se consideran cinco grados de daño adoptando la escala EMS-98, además del daño nulo, se presenta a continuación:

Tabla 4

Grados de daño de la escala EMS-98

G0	Sin daño
G1	Leve
G2	Moderado
G3	Severo
G4	Destrucción
G5	Colapso

Para la creación de la matriz de probabilidad de daño se consideran intensidades desde 5 hasta 12, debido a las magnitudes que pueden presentarse en la parroquia de Sangolquí mediante los antecedentes de sismo. De esta forma, la metodología empleada para la matriz sigue los pasos siguientes:

1. Definir las intensidades actuantes: para este estudio se adoptó la escala EMS-98 de 5 a 12 (V-XII).

2. Obtener la Vulnerabilidad característica de la edificación en cuestión y transformar a su equivalente: del rango de 20-80 se transforma al rango de 0-1.2, mediante una interpolación simple.
3. Se obtiene la correlación que existe entre la entrada sísmica y el daño esperado, en función de la vulnerabilidad que se evaluó, mediante la fórmula:

$$\mu_D = d^* = 2.5 \left[1 + \tanh \left(\frac{I+6.25V-13.1}{2.3} \right) \right] \quad (5)$$

Donde: I = Intensidad medida en escala macrosísmica;

V = Intensidad medida en escala macrosísmica

4. Hallar la probabilidad de daño mediante la fórmula:

$$P_k(5, d) = \frac{5!}{(5-k)!k!} d^k (1-d)^{5-k}; \quad d = \frac{\mu_D}{5} \quad (6)$$

Donde: k = Indica el grado de daño considerado

5. Armar la matriz de probabilidad de daño y graficar con los porcentajes obtenidos, las curvas de fragilidad con la intensidad en las abscisas y el porcentaje de excedencia en las ordenadas.

Evaluación FEMA P-154

La evaluación mediante FEMA P-154 se realiza cuando el grado de vulnerabilidad está en el intervalo de 40 a 60 o cuando se requiere realizar un análisis extra de la edificación, para la evaluación se toman en cuenta dos niveles de evaluación donde el puntaje se define mediante el tipo de estructura que se está evaluando, las tipologías vienen dadas por la siguiente tabla:

Tabla 5

Tipos de estructura y puntaje base para el análisis FEMA P-154

Cód.	Tipo de estructura	Puntaje base
W1	Estructura liviana de madera simple o multi-viviendas, de uno o más pisos (W1)	2,1
S1	Estructura de acero resistente a momento (S1)	1,5
S2	Estructuras de acero con arriostramiento (S2)	1,4
S3	Estructuras metálicas livianas (S3)	1,6
S4	Estructuras con marcos de acero y muros de corte fabricados in situ (S4)	1,4
S5	Estructuras con marcos de acero y mampostería no reforzada (S5)	1,2
C1	Estructuras de hormigón armado con marcos resistentes a momento (C1)	1
C2	Edificios con muros de corte de hormigón armado (C2)	1,2
C3	Estructuras de hormigón armado con relleno de mampostería no reforzada (C3)	0,9
PC	Estructuras de hormigón pre-fabricado (PC)	1,1
RM	Estructuras de albañilería reforzada con diafragmas flexibles de piso y techo (RM)	1,1
URM	Estructuras de pared de apoyo no reforzada (URM)	0,9

Nota: Adaptado de (Ballesteros & Caizaguano, 2020)

Los puntajes básicos de edificaciones FEMA presentados en la tabla son para una zona de Muy Alta Sismicidad y se desarrollan en base a la metodología HAZUS que incluye tres partes: cálculo de respuesta de los edificios para el sismo máximo considerado, probabilidad de estado de daño completo y la probabilidad de colapso.

Una vez definido el tipo de edificación que se va a evaluar, se procede a obtener la puntuación del nivel 1 de la evaluación que dependerá de las características halladas en la estructura.

El puntaje SL1 se obtiene de la sumatoria del Puntaje base con los modificadores VL1 Y PL1, en el caso de que:

$$SL_1 > S_{min} \rightarrow SL_1 = S_{min} \quad (7)$$

Se obtiene el puntaje base ajustado:

$$S' = SL_1 - VL_1 - PL_1 \quad (8)$$

y se obtiene el Puntaje final del nivel 2 (SL₂) mediante:

$$SL_2 = S' + VL_2 + PL_2 + M, \quad (9)$$

donde VL₂, PL₂ y M son modificadores que están en función de las propiedades de la edificación. El SL₂ tiene, de igual forma que en el nivel 1, la restricción de puntaje mínimo S_{min} definido en el nivel 1.

Riesgo de colapso según FEMA P-154

Para obtener la probabilidad del riesgo de colapso se utiliza la siguiente ecuación:

$$R_c = \frac{1}{10^{pte}} \quad (10)$$

Donde pte =puntaje obtenido en la evaluación FEMA P-154; y según (Ballesteros & Caizaguano, 2020) “el valor corresponde a la relación de casos favorables en el número de casos posibles”.

Finalmente, en el formato de evaluación, otorgado por (Ballesteros & Caizaguano, 2020) se encuentran espacios para la realización de comentarios acerca de datos importantes u observaciones de la edificación.

Análisis de la capacidad de respuesta Cr

Revisión del Plan de Operación de Emergencia POE

En conversación con los administrativos o el representante de la institución, debe mencionar que en el plan de gestión de riesgos de la municipalidad se encuentra Elaborado y actualizado, y si no lo está se le asigna una calificación menor a criterio del evaluador, en el peor de los casos que no esté elaborado se le da la peor calificación.

De la misma manera se pregunta al representante, sobre el sistema de brigadas o si posee un plan donde se contemple estas, cómo y quienes conforman.

Implementación del Plan de Operaciones de Emergencia

Se pregunta o si es factible pedir el plan de operaciones de emergencia representado en el de gestión de riesgos, si contiene con los siguientes anexos contemplados:

- Respuesta para un sismo
- Evacuación
- Atrapados por desplome de infraestructura en caso de sismo
- Puntos de reunión post evacuación en caso de sismo
- Conteo de personas en caso de sismo
- Entrega de estudiantes a sus representantes en caso de sismo
- Información para protección de bienes escolares en caso de sismo
- Comunicación interna y externa durante un sismo
- Designa a la unidad educativa como refugio en caso de emergencia
- Salud pública, medicina y salud mental tras un sismo

Así también si el POE contiene la planificación de ejercicios de mesa y simulacros.

Si no es posible adquirir los planes físicos, la información queda en confianza del representante a quien o a quienes se les entrevistó.

Evaluación del marco educativo

Se pregunta al representante educativo si los estudiantes brindan apoyo a la comunidad educativa con su participación, destrezas y aptitudes en la gestión de riesgos contemplando a todo el establecimiento y sus actores. Además, determina si esta se encuentra incorporada y toma espacio en las actividades y eventos escolares.

Con la capacidad de respuesta se procede a identificar el Elemento del Terreno de la edificación en evaluación.

Elemento de Terreno (E)

El valor definido por E es útil al momento de calcular la vulnerabilidad total de una unidad educativa, puesto que se analiza el elemento de terreno de cada edificación dentro de la estructura completa y mediante el método de promedio ponderado difuso.

Para la selección del elemento de terreno se utiliza la siguiente tabla:

Tabla 6

Importancia de edificación según elemento de terreno

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

Uso	Población de la edificación			
	De 1 a 10	De 10 a 50	De 50 a 100	Más de 100
Coliseo	N/A	4	5	6

Nota: Adaptado de (Ballesteros & Caizaguano, 2020)

Nivel de exposición a la Amenaza (NE)

La calificación cuantitativa de este parámetro depende de la siguiente rúbrica:

Tabla 7

Nivel de exposición a la amenaza

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

Nota: Adoptado de (Ballesteros & Caizaguano, 2020)

Vulnerabilidad Total

Su valor se cuantifica con la siguiente expresión matemática:

$$V_{total} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i E_i}{\sum_{i=1}^n E_i} \quad (11)$$

Donde:

- V_{total} : es la vulnerabilidad significativa de todo el establecimiento escolar
- V_i : grado de vulnerabilidad de cada edificación.

- Ei: importancia de la edificación de acuerdo al número de ocupantes

Coefficiente de capacidad

Dependiendo la cantidad numérica de la capacidad de respuesta se aplica la fórmula para la determinación del coeficiente de capacidad.

$$\text{Si } Cr \leq 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (Vt+240)}{48\,000} \quad (12)$$

$$\text{Si } Cr > 50 \Rightarrow C = \frac{(Cr+100) \cdot (170-Vt)}{13\,500} \quad (13)$$

Donde:

- Cr: capacidad de respuesta
- Vt: Vulnerabilidad Total de la estructura

Riesgo global (Rg)

Este factor se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Rg = \frac{V_{total}}{C} * NE \quad (14)$$

Donde:

- Rg: Riesgo global
- Vtotal: Vulnerabilidad total de la estructura
- C: Capacidad de respuesta
- NE: Nivel de exposición a la amenaza(sismo)

Luego de sustituir los valores correspondientes a cada variable en la ecuación, se procede a analizar el resultado, el mismo que puede estar entre un riesgo global bajo hasta muy alto, de esta manera se categoriza al establecimiento educativo.

Tabla 8

Categorías de unidades educativas según Riesgo Global

Nivel de Riesgo Global	Estimación del riesgo global	Descripción	Categ.
Rg ≤ 15	Bajo	No se identifica un riesgo global relevante. El riesgo global está controlado. Las medidas preventivas existentes reducen eficientemente el riesgo	A
15 < Rg ≤ 30	Moderado	Se ha detectado que existe entre el 6% y 22% de características desfavorables que se pueden mejorar dentro de la unidad educativa por lo que se debe implementar medidas preventivas que puedan reducir de forma apreciable los potenciales riesgos.	B
30 < Rg ≤ 45	Moderado alto	Se ha detectado que existe entre el 22% y 45% de características desfavorables que se pueden mejorar dentro de la unidad educativa por lo que debe implementar medidas preventivas más estrictas ya que las condiciones actuales no son lo suficiente para manejar emergencias.	C

Nivel de Riesgo Global	Estimación del riesgo global	Descripción	Categ.
45 < Rg ≤ 75	Alto	Se ha detectado que existe entre el 45% y 78% de características desfavorables que se pueden mejorar dentro de la unidad educativa por lo que debe implementar medidas preventivas como: refuerzo de edificaciones vulnerables, reformular los planes de operación ante emergencias, y capacitar a todo el personal ya que es muy probable que se produzca un desastre.	D
75 < Rg ≤ 100	Muy alto	Se ha detectado más del 78% de características desfavorables que se pueden mejorar dentro de la unidad educativa por lo que las actividades dentro de ella no pueden continuar. No se refleja un conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo, y existen muchas edificaciones con un alto grado de vulnerabilidad.	E

Nota: Adoptado de (Ballesteros & Caizaguano, 2020)

Modelación de víctimas

Se registra la información para cada variable de la siguiente fórmula:

$$K_s = D_5 \times (M_1 \times M_2 \times M_3 \times (M_4 + M_5 \times (1 - M_4))) \quad (15)$$

Donde:

- D_5 es el número de edificios colapsados, se obtiene multiplicando el número de edificios de una determinada clase por la correspondiente probabilidad de colapso.
- M_1 número total de personas que ocupan el establecimiento educativo.
- M_2 porcentaje de personas que estaban en el edificio en el momento del desastre. En este caso se considera como peor escenario, que el sismo se presente en un día normal de clases del periodo escolar entre las 9:00 a 13:00 horas.
- M_3 porcentaje personas posiblemente atrapadas
- $M_1 \times M_2 \times M_3$ número de personas atrapadas con vida en un edificio con daño
- M_4 número de fallecidos debido al colapso estructural.
- M_5 es la tasa de mortalidad post terremoto.

Resultados

Descripción general de las Unidades Educativas Evaluadas

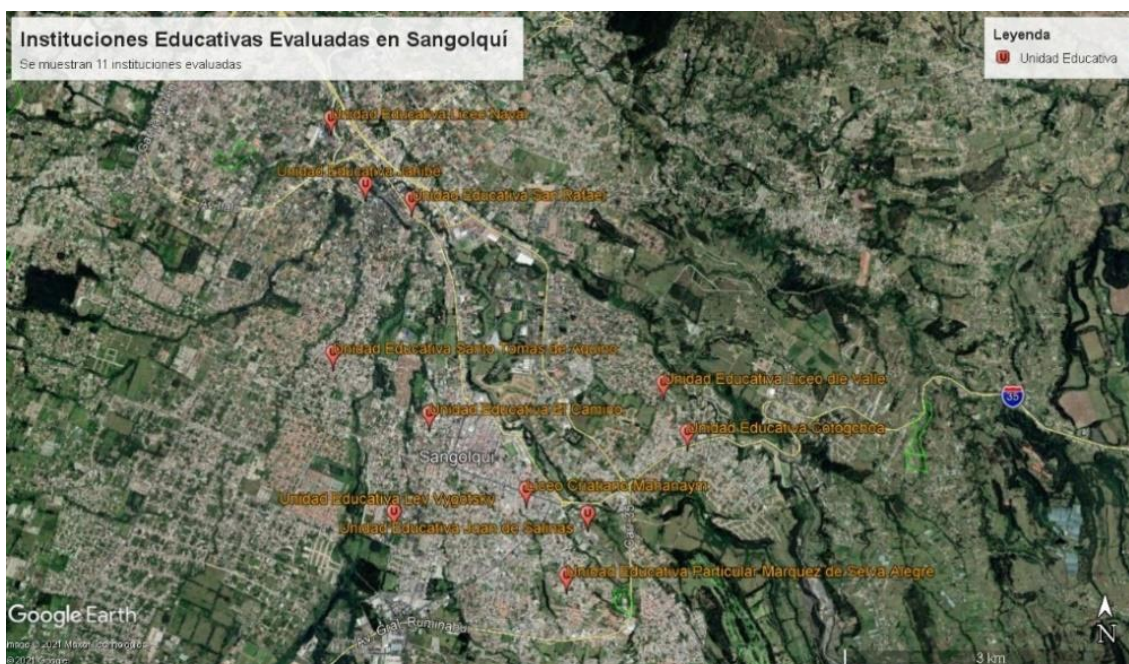
Se evaluaron un total de once instituciones educativas de la parroquia de Sangolquí mediante la guía elaborada por (Ballesteros & Caizaguano, 2020), las cuales se describen a continuación:

Tabla 9

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

N°	Nombre	Latitud	Longitud	Cota
1	Unidad Educativa Liceo Naval	782376	9966986	2550 m
2	Unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre	784989	9962107	2554 m
3	Unidad Educativa Santo Tomás de Aquino	782477	9964538	2550 m
4	Unidad Educativa Juan de Salinas	785177	9962879	2545 m
5	Liceo Cristiano Mahanaym	784517	9962994	2530 m
6	Unidad Educativa Lev Vygotsky	783129	9962775	2539 m
7	Unidad Educativa Jahibé	782851	9966224	2550 m
8	Unidad Educativa El Camino	783469.6	9963796	2550 m
9	Liceo del Valle	785973	9964118	2556 m
10	Unidad Educativa Cotogchoa	786211	9963594	2568 m
11	Unidad Educativa San Rafael	783277	9966087	2500 m

Figura 4

Instituciones Educativas Evaluadas en Sangolquí

Nota: Recuperado de Google Earth

Cada institución descrita en la Tabla 9 se describe a continuación seguida de sus resultados de vulnerabilidad por edificio, Capacidad de respuesta y el Riesgo global en la Unidad Educativa.

Unidad Educativa Liceo Naval

Tabla 10

Datos generales de la Unidad Educativa Liceo Naval

DATOS GENERALES

Nombre de la Unidad Educativa

seleccionada: Liceo Naval

Ubicación: Pasaje el Prado N1-192 y,
Quito 170156

Coordenadas: Este: 782376,6

Norte: 9966986,7	
Cota de construcción aproximada promedio: 2550 m	
Número de edificios: 11	

Figura 5

Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad Educativa Liceo Naval

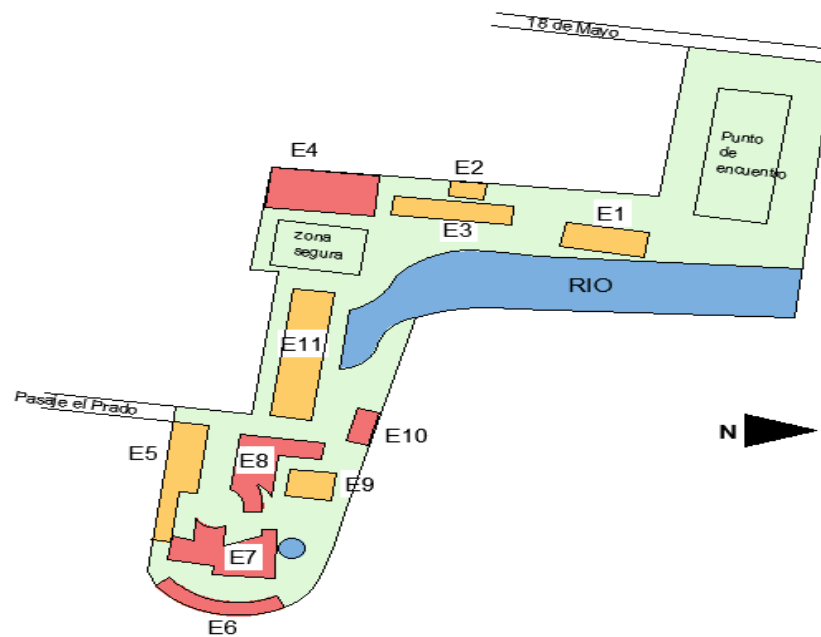



Tabla 11

Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa Liceo Naval

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1(1)	(1) Aulas preescolar La construcción de esta estructura data de más de 20 años es de hormigón armado y mampostería de ladrillo, pertenece a la clase	

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	C3 de FEMA y no pose edificaciones adyacentes.	
E2 (1)	(1) Bar, comedor primaria La construcción de esta estructura data de no más de 15 años, pertenece a la clase S5 de FEMA, pose edificaciones adyacentes, tiene una cubierta de 2 aguas, se observa ampliación horizontal.	
E3(1)	(1) Aulas primaria La construcción de esta estructura data de más de 20 años es de hormigón armado y mampostería de ladrillo pertenece a la clase C3 de FEMA no pose edificaciones adyacentes.	
E4(1)	(1) Coliseo Data de no más de 15 años, pertenece a la clase S5 de FEMA P-154, pose edificaciones adyacentes, se observa ampliación horizontal con un diferente sistema constructivo con diferentes plantas.	
E5(1)	(1) Aulas primaria lugar de entrada El año de construcción 1987, diseño de acuerdo al CEC77. Bloque estructural de un piso, y ocho aulas para uso de laboratorios de	

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	<p>computación e inspección, el tipo de edificio identificado según la FEMA P-154 (2015) pertenece a clase C3.</p>	
E6(1)	<p>(1) Talleres</p> <p>Data de más de 20 años es de hormigón armado y mampostería de ladrillo, pertenece a la clase URM de FEMA y no posee edificaciones adyacentes pudiendo causar problemas de golpeteo.</p>	
E7(2)	<p>(1) Capilla, teatro, club social</p> <p>(2) Rectorado</p> <p>Estructura construida en el año 1987, con 2 pisos, distribuidas en áreas de uso social, club de Teatro, Oficinas de Rectorado y laboratorios de física como química. El tipo de Edificio considera según la FEMA P-154 clase C3.</p>	
E8(2)	<p>(1) Administrativo, secretaría</p> <p>(2) Vicerrectorado</p> <p>Dos pisos construidos en la etapa de transición sin un diseño sismo resistente, estructura tipo C3 de acuerdo a la FEMA P-154, por su configuración puede presentar problemas de torsión debido a la</p>	

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	<p>irregularidad en planta existente, se ha implementado rampas y pasamanos para salvar el desnivel.</p>	
E9 (1)	<p>(1) Piscina para deportes acuáticos</p> <p>Es una estructura tipo S3, estructura metálica, de acuerdo a la FEMA P-154, su construcción se realizó después del 2001, con la normativa CEC 2000. De acuerdo a su configuración y distribución, no presenta problemas de golpeteo o alguna estructura externa que pueda ocasionar daños adyacentes.</p>	
E10(2)	<p>(1) Cocina, sala, comedor</p> <p>(2) Habitaciones</p> <p>Su construcción data el año 2000, por lo cual tiene la normativa CEC77, es una estructura tipo C3 según FEMA P-154; presenta irregularidades en planta y elevación, cubiertas inclinadas, las principales patologías existentes son fisuras en algunas esquinas de ventanas y humedad en las paredes.</p>	
E11(1)	<p>(1) Aulas de Secundaria: 8vo y 9no año</p> <p>Es una estructura tipo C3 de acuerdo a FEMA P-154, construida después del 2001 de</p>	

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	acuerdo a la normativa CEC 2000, no presenta edificios adjuntos que puedan ocasionar condición de golpeteo.	

Tabla 12

Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Liceo Naval

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

RESULTADOS LEVANTAMIENTO 1:**Tabla 13**

Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa Liceo Naval

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

Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V Total
E10	viviendas	60,08	4	240,31	
E11	Aulas secundaria	33,26	4	33,06	
	SUMA	487,4	45	1972,9	

EDIFICIOS EVALUADOS POR FEMA P-154

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

Tabla 14

Riesgo global de la unidad Educativa Liceo Naval

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

RESULTADOS LEVANTAMIENTO 2:

Tabla 15

Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa Liceo Naval

Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V Total
E1	Aulas preescolar	35,67	5	178,35	

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

EDIFICIOS EVALUADOS POR FEMA P-154

Edificación	Uso	V	Riesgo de colapso
E6	Talleres, laboratorios	60,82	63 %
E7	Capillas, laboratorios	63,82	50%
E8	Oficinas administrativas	64,97	50%
E10	Viviendas	60,32	50%

Tabla 16

Riesgo global de la unidad Educativa Liceo Naval

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

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

Tabla 17

Comparaciones entre los resultados hallados en las evaluaciones de la Unidad Educativa

Liceo Naval

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

Unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre

Tabla 18

Datos generales de la Unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre

DATOS GENERALES

Nombre de la Unidad Educativa

seleccionada: Marqués de Selva Alegre

Ubicación: Calle 11 de Abril y 12 de Febrero, Esquina, Sangolquí 171103

Coordenadas: Este: 0784989
Norte: 9962107

Cota de construcción aproximada

promedio: 2554 m

Número de edificios: 6

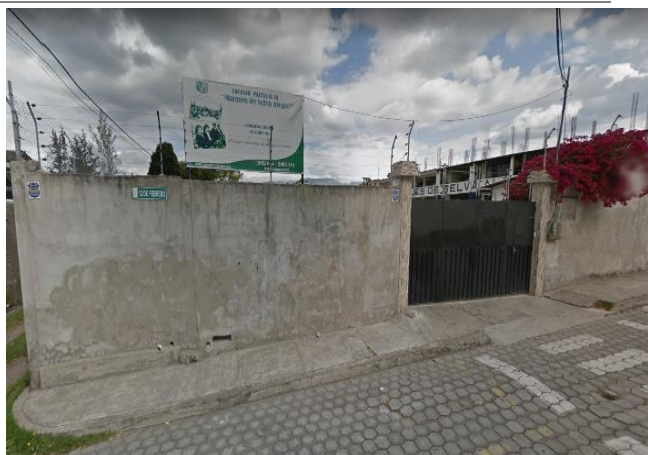


Figura 6

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



Tabla 19

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

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1(3)	<p>(1) Aulas de clase y laboratorio</p> <p>(2) Aulas de clase y laboratorio</p> <p>(3) Aulas de clase</p> <p>La construcción se realizó en el 2006, el material predominante es hormigón armado, se evidencia vigas descolgadas, se categoriza en C1 de acuerdo a la FEMA.</p> <p>Tiene un aula adyacente</p>	
E2 (1)	<p>(1) Graderío</p> <p>La obra civil no tiene más de 5 años, es de hormigón armado y con cubierta</p>	

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	<p>metálica, de acuerdo a FEMA es de tipo MX.</p> <p>En los últimos años ha sido ampliada horizontalmente y no tiene estructuras adyacentes.</p>	
E3(1)	<p>(1) Oficinas y baños</p> <p>Las instalaciones no tienen más de 15 años, presentan mampostería de bloque, vigas de madera y cubierta metálica, de acuerdo a FEMA es de tipo MX.</p>	
E4(1)	<p>(1) Biblioteca y aulas</p> <p>Data de 10 años es estructura metálica las vigas, columnas y cubierta, la mampostería es de bloque, se considera como tipo S3. Tiene a sus lados construcciones adyacentes.</p>	
E5(1)	<p>Salón de reuniones</p> <p>La infraestructura tiene más de 10 años, la mampostería es de bloque sin reforzamiento y tiene cubierta metálica; categoría C3 según FEMA.</p> <p>Mantenimiento bueno, no se evidencia humedad, ni desprendimiento de motero.</p>	


Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E6(1)	<p>Bar</p> <p>La estructura es de hormigón armado, la mampostería no es reforzada, por tanto, es de tipo C3 de acuerdo a FEMA-154.</p> <p>En su exterior tiene viseras de policarbonato, no tiene otras edificaciones adyacentes.</p>	

Tabla 20

Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre

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

RESULTADOS LEVANTAMIENTO 1:

Tabla 21

Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre

Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V Total
E1	Bodegas, Aulas, Laboratorio de computación	34.96	6	209.74	
E2	Graderío	31.15	6	186,90	

Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V Total
E3	Dirección, Inspección, Secretaría	36.46	3	109,37	
E4	Biblioteca	37.05	4	148,20	34.58
E5	Familia UEMSA	35.04	4	140,14	
E6	Bar	35.10	2	70,20	
	SUMA	209.75	25	864.56	

Tabla 22

Riesgo global de la unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre

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

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

Tabla 23

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

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

Unidad Educativa Santo Tomás de Aquino

Tabla 24

Datos generales de la Unidad Educativa Santo Tomás de Aquino


DATOS GENERALES	
Nombre de la Unidad Educativa	
seleccionada:	
Ubicación:	
Coordenadas:	
Este:	782477,4
Norte:	9964538,7
Cota de construcción aproximada	
promedio:	2550 m
Número de edificios:	4

Figura 7

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

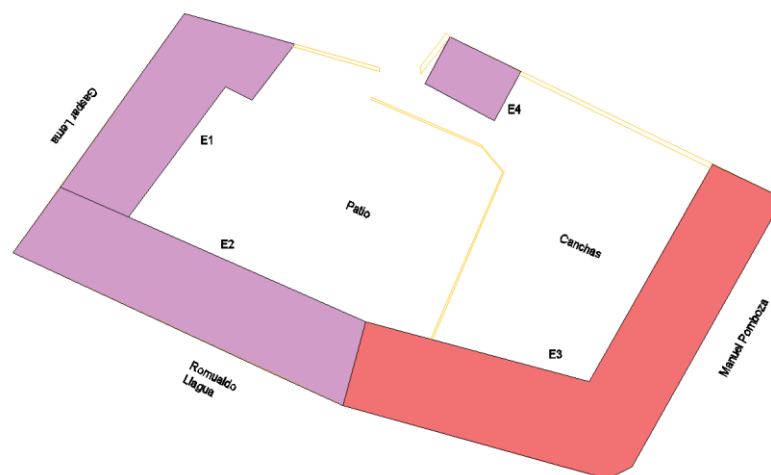




Tabla 25

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

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



Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	mampostería de ladrillo, pertenece a la clase C2 de FEMA P-154.	
E4(2)	(1) Cocina, despensa de Bar, baño (2) Enfermería, Bodega Data de menos de 20 años es de hormigón armado y mampostería de ladrillo, pertenece a la clase C3 de FEMA P-154. Es una estructura tipo C3 de acuerdo a FEMA P-154, construida después del 2001 de acuerdo a la normativa CEC 2000, no presenta edificios adjuntos que puedan ocasionar condición de golpeteo.	 

Tabla 26

Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Santo Tomás de Aquino

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

Tabla 27

Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa Santo Tomás de Aquino

Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V Total
E1	Edificio administrativo, oficinas	39,84	5	199,21	37,92

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

EDIFICIOS EVALUADOS POR FEMA P-154			
Edificación	Uso	V	Riesgo de colapso
E2	Aulas primaria	41,5	63 %

Tabla 28

Riesgo global de la unidad Educativa Santo Tomás de Aquino

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

Unidad Educativa Juan de Salinas

Tabla 29

Datos generales de la Unidad Educativa Juan de Salinas

DATOS GENERALES

Nombre de la Unidad Educativa

seleccionada: Juan de Salinas

Ubicación: Av. Juan De Salinas S/N Vía

Selva Alegre, Sangolquí.



Coordenadas: Este: 785177

Norte: 9962879,7

Cota de construcción aproximada

promedio: 2550 m

Número de edificios: 13


Figura 8

Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad Educativa Juan de Salinas



Tabla 30

Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa Juan de Salinas

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1(1)	(1) Aulas, baños, salón de educación física preescolar La construcción data desde hace menos de 10 años, creadas para abastecer la unidad educativa, es una estructura con marcos de acero y mampostería no	

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E2 (1)	<p>reforzada, S5 según FEMA P-154 y posee irregularidad en planta.</p> <p>(1) Laboratorio de mecánica, control, electricidad y electrónica.</p> <p>La construcción data desde hace menos de 10 años, creadas para abastecer la unidad educativa, es una estructura con marcos de acero y mampostería no reforzada, S5 según FEMA P-154 y posee irregularidad en planta.</p>	
E3(1)	<p>(1) Bar, comedor</p> <p>La construcción data de alrededor de 10 años, es de hormigón armado y mampostería de ladrillo pertenece a la clase C3 de FEMA P-154 y no pose edificaciones adyacentes.</p>	
E4(1)	<p>(1) Aulas 2do EGB</p> <p>Data de no más de 10 años, pertenece a la clase S5 de FEMA P-154, posee una torre de agua adyacente pero no causa complicaciones durante un sismo.</p>	
E5(1)	<p>(1) Cubierta graderío central</p> <p>Esta estructura es reciente, construida de acuerdo al CEC 2000, según la FEMA P-</p>	

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	154 (2015) pertenece a clase S3, con una correcta aplicación de anclajes en la parte inferior.	
E6(1)	(1) Aulas Educación Inicial I y II Data de menos de 10 años, es de hormigón armado y mampostería de ladrillo, pertenece a la clase C3 de FEMA P-154 y tiene una configuración muy alargada en planta.	
E7(2)	(1) Aulas 3ro a 4to EGB , baños (2) Aulas 5to a 7mo EGB Estructura construida hace no más de 10 años, se considera según la FEMA P-154 clase C3, no presenta estructuras adyacentes que puedan causar problemas de golpeteo además es regular en planta y elevación.	
E8(1)	(1) Laboratorio de química, laboratorio de física Estructura tipo C3 de acuerdo a la FEMA P-154, es una estructura regular y no presenta problemas externos de golpeteo.	

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E9 (1)	<p>(1) Enfermería, baños estudiantes, baños docentes, bodegas</p> <p>Es una estructura tipo C3, estructura de hormigón armado, de acuerdo a la FEMA P-154, su construcción se realizó después del 2001, con la normativa CEC 2000, no presenta problemas de golpeteo.</p>	
E10(2)	<p>(1) Aulas 8vo a 10mo EGB , baños</p> <p>(2) Aulas 1ro a 3ro de BGU, baños</p> <p>Su construcción data de hace 70 aproximadamente, es una estructura tipo C3 según FEMA P-154; presenta irregularidades en planta y elevación, las principales patologías existentes son fisuras en vigas y losas, además de humedad en las paredes.</p>	
E11(1)	<p>(1) Secretaría, Inspección, bodega</p> <p>(2) Rectorado, sala de juntas</p> <p>Es una estructura tipo C3 de acuerdo a FEMA P-154, Su construcción data de hace 70 aproximadamente, tiene una losa contigua que puede ocasionar problemas de golpeteo a futuro.</p>	
E12(1)	<p>(1) Consejería estudiantil, psicología.</p>	



Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	<p>Su construcción data después del año 2001, por lo cual tiene la normativa CEC2000, es una estructura tipo C3 según FEMA P-154; presenta irregularidades en planta, cubiertas inclinadas, las principales patologías existentes son fisuras y humedad en las paredes.</p>	
E13(1)	<p>(1) Coliseo</p> <p>Su construcción data después de hace menos de 10 años, es una estructura de hormigón armado tipo C3 según FEMA P-154 con una gran cubierta inclinada de perfiles de acero, no presenta patologías visibles.</p>	

Tabla 31

Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Juan de Salinas

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

Tabla 32

Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa Juan de Salinas

VULNERABILIDAD TOTAL					
Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V Total
E1	Aulas preescolar	Av	5	180,68	
E2	Laboratorios	35,7	5	178,5	
E3	Bar, comedor	35,78	4	143,11	
E4	Aulas primaria	38,73	4	154,91	
E5	Cubierta graderío	32,59	6	195,51	
E6	Aulas educación inicial	37,06	6	222,39	41,67
E7	Aulas primaria	36,28	6	217,67	
E8	Laboratorios	35,17	5	175,86	
E9	Enfermería y bodegas	36,67	6	220,03	
E10	Aulas secundaria y Bachillerato	72,98	5	364,89	
E11	Administración, oficinas	76,94	5	384,71	
E12	Oficinas concejería estudiantil	36,81	4	147,26	
E13	Coliseo	34,42	6	206,53	
	SUMA	545,30	67	2792,1	
EDIFICIOS EVALUADOS POR FEMA P-154					
Edificación	Uso	V	Riesgo de colapso		
E10	Aulas secundaria y Bachillerato	72,98	50 %		
E11	Administración, oficinas	76,90	50%		

Tabla 33

Riesgo global de la unidad Educativa Juan de Salinas

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

Unidad Educativa Liceo Cristiano Mahanaym

Tabla 34

Datos generales de la Unidad Educativa Liceo Cristiano Mahanaym

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

Figura 9

Croquis de la Unidad Educativa Liceo Cristiano Mahanaym

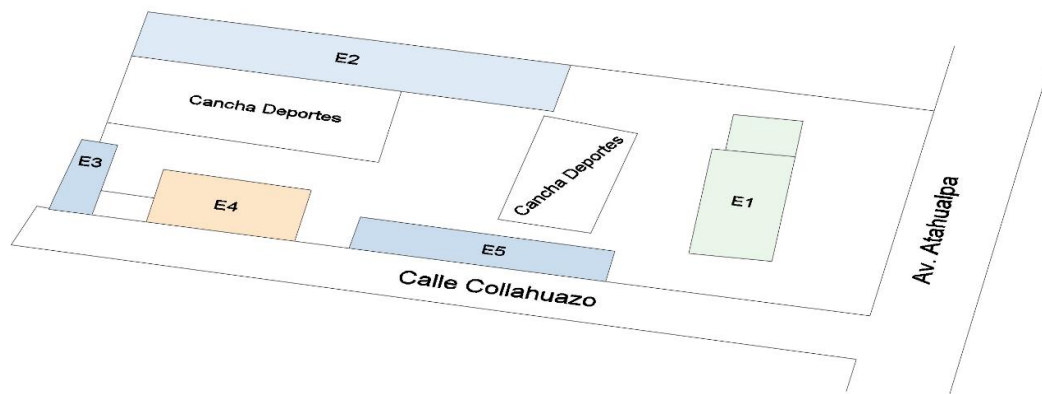



Tabla 35

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

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1(2)	(1) Oficinas de Administración (2) Informática	
E2 (1)	(1) Aulas primaria La construcción de esta estructura data de no más de 10 años, pertenece a la clase URM de FEMA, no se presencia estructura adyacente, tiene cubierta de acero y supera la relación ancho-largo por más de 4.	
E3(1)	(1) Aula Pre-Básica	

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	La construcción de esta estructura data de más de 80 años es de paredes de ladrillo y pertenece a la clase URM de FEMA, no posee edificaciones adyacentes.	
E4(1)	(1) Auditorio de adoración Construido hace no más de 20 años, pertenece a la clase URM de FEMA, no posee edificaciones adyacentes	
E5(1)	(1) Aulas y laboratorio de computación Construido hace no más de 20 años, pertenece a la clase URM de FEMA, no posee edificaciones adyacentes, y tiene ampliaciones horizontales.	

RESULTADOS:**Tabla 36***Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Liceo Cristiano Mahanaym*

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

Tabla 37

Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa Liceo Cristiano Mahanaym

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

Tabla 38

Riesgo global de la unidad Educativa Liceo Cristiano Mahanaym

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

Unidad Educativa Particular Lev Vygotsky

Tabla 39

Datos generales de la Unidad Educativa Particular Lev Vygotsky

DATOS GENERALES

Nombre de la Unidad Educativa

seleccionada: Lev Vygotsky

Ubicación: Imbabura Imbabura s/n.

Coordenadas: Este: 0783129

Norte: 9964118

Cota de construcción aproximada

promedio: 2539 m

Número de edificios: 10



Figura 10

Croquis de la Unidad Educativa Particular Lev Vygotsky

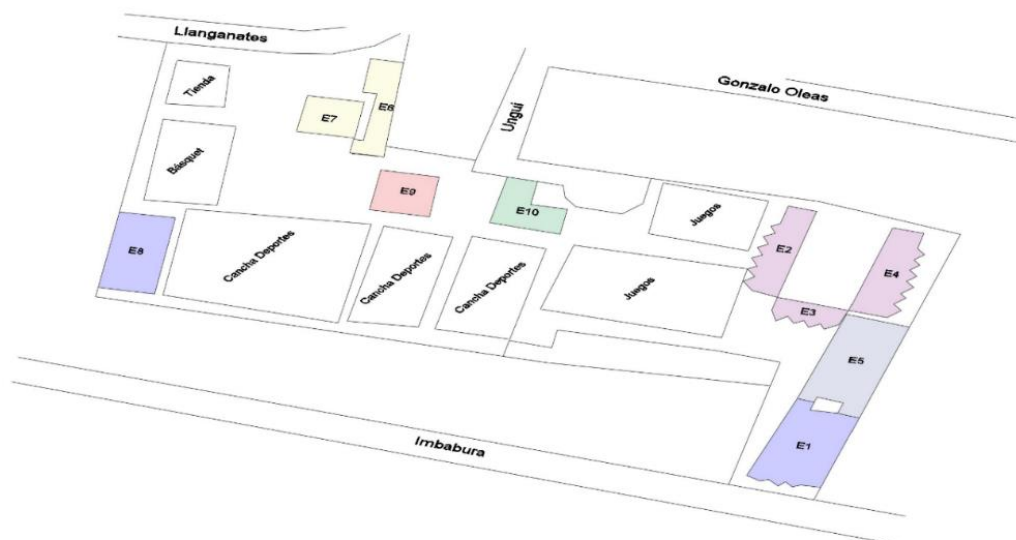








Tabla 40

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

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

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	<p>encuentra perpendicular a este y las losas son al mismo nivel.</p>	
E4(3)	<p>(1) básica</p> <p>(2) básica</p> <p>(3) básica</p> <p>Sistema constructivo igual a los dos edificios anteriores, paralelo al edificio E2 de similar área en planta y perpendicular a E3, losas no alineadas con los otros edificios.</p>	
E5(2)	<p>(2) Auditorio en construcción</p> <p>Esta estructura está en ejecución de obra desde el 2020 con la normativa vigente NEC 15, según la FEMA P-154 (2015) pertenece a clase C3, presenta adyacencia con escaleras del edificio de bachillerato.</p>	
E6(2)	<p>(1) Aulas Educación Inicial</p> <p>(2) Sala de Funciones Inicial</p> <p>Construida en 2001, es de hormigón armado y mampostería de bloque, pertenece a la clase C3 de FEMA P-154 y tiene una configuración muy alargada en planta.</p>	
E7(2)	<p>(1) Aulas Educación Inicial</p> <p>(2) Oficinas</p>	

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	<p>Estructura construida en 2009, se considera según la FEMA P-154 clase C3, no presenta estructuras adyacentes que puedan causar problemas de golpeteo, tiene cubierta en el segundo piso de madera.</p>	
E8(1)	<p>(1) Piscina</p> <p>Estructura tipo S3 de acuerdo a la FEMA P-154, no presenta problemas externos de golpeteo, posee desnivel de suelo.</p>	
E9 (1)	<p>(1) Espacio cubierto cultura física</p> <p>Es una estructura metálica tipo S3 según la FEMA P-154, no posee paredes, y sus pilares se encuentran anclados con placa y pernos de anclaje, parte superior soldada con cubierta de acero.</p>	
E10(1)	<p>(1) Comedor</p> <p>Construida en el período de transición, es una estructura mixta tipo URM según FEMA P-154, tiene una ampliación con diferente sistema constructivo, de perfiles de acero, de la misma altura y área menor.</p>	

Tabla 41

Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Particular Lev Vygotsky

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

Tabla 42

Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa Particular Lev Vygotsky

VULNERABILIDAD TOTAL						
Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V	Total
E1	Administrativo, Bachillerato	38.2	6	229,20		
E2	Aulas Básica	63.5	6	380,79		
E3	Aulas Básica	63.2	6	379,29		
E4	Aulas Básica	63.5	6	380,79		43.77
E5	Auditorio en construcción	30.3	6	181,71		
E6	Educación inicial, Sala de funciones	37.6	6	225,60		
E7	Educación inicial, Oficinas	34.4	6	206,10		
E8	Piscina	33.1	6	198,30		
E9	Cultura física	32.1	4	128,20		
E10	Comedor	35.2	4	140,97		
	SUMA	431	56	2450,94		
EDIFICIOS EVALUADOS POR EL FEMA P-154						

Edificación	Uso	V	Riesgo de Colapso
E2	Aulas Básica	63.5	50%
E3	Aulas Básica	63.2	50%
E4	Aulas Básica	63.5	50%

Tabla 43

Riesgo global de la unidad Educativa Particular Lev Vygotsky

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

Unidad Educativa JAHIBÉ

Tabla 44

Datos generales de la Unidad Educativa JAHIBÉ

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

Figura 11

Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad JAHIBÉ

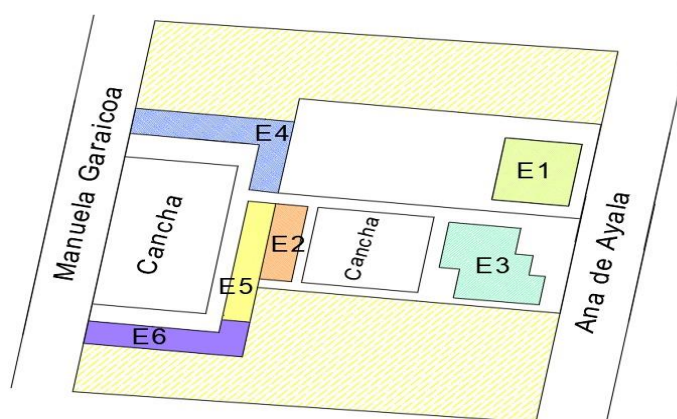


Tabla 45

Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa JAHIBÉ

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1(2)	<p>(2) Aulas Inicial 1 e Inicial 2.</p> <p>(3) Oficinas Administrativas.</p> <p>La construcción de esta estructura data de menos de 20 años es de hormigón armado, pertenece a la clase C1 de FEMA P-154 y no posee edificaciones adyacentes que puedan ocasionar golpeteo. Es regular en planta y elevación.</p>	
E2 (1)	<p>(2) Aulas primaria</p> <p>La construcción data de menos de 20 años es de hormigón armado, pertenece a la clase C1 de FEMA P-15, estructura</p>	

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	regular no presenta ampliaciones verticales como horizontales.	
E3(1)	(2) Laboratorios de química y física. (3) Sala de profesores La construcción data del año 1999 es de hormigón armado y cubierta y vigas de madera, estructura irregular en planta. No presenta edificaciones adyacentes, que produzcan condiciones de golpeteo. No presenta patologías en vigas y columnas.	
E4(1)	(1) Aulas Secundaria La construcción data en el año 2007 de hormigón armado y vigas de acero, estructura irregular en planta. No presenta edificaciones adyacentes, que produzcan condiciones de golpeteo. las principales patologías existentes son fisuras y humedad en las paredes.	
E5(1)	(1) Aulas Secundaria La construcción data en el año 2005 de hormigón armado y vigas de madera, estructura regular en planta.	


Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	Presenta edificaciones adyacentes, que produzcan condiciones de golpeteo. las principales patologías existentes son fisuras y humedad en las paredes.	
E6(1)	(1) Aulas Secundaria La construcción data en el año 2007 de hormigón armado y vigas de acero, estructura irregular en planta. Presenta edificaciones adyacentes, que produzcan condiciones de golpeteo. las principales patologías existentes son fisuras y humedad en las paredes.	

Tabla 46

Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa JAHIBÉ

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

Tabla 47

Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa JAHIBÉ

Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V Total
E1	Aulas Inicial 1 e Inicial 2.	35.2	4	140.69	

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

EDIFICIOS EVALUADOS POR EL FEMA P-154

Edificación	Uso	V	Riesgo de Colapso
E3	Laboratorios de química y física, Sala de profesores.	60.2	50%

Tabla 48

Riesgo global de la unidad Educativa El Camino

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

Unidad Educativa El Camino

Tabla 49

Datos generales de la Unidad Educativa El Camino


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

Figura 12

Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad Educativa El Cami

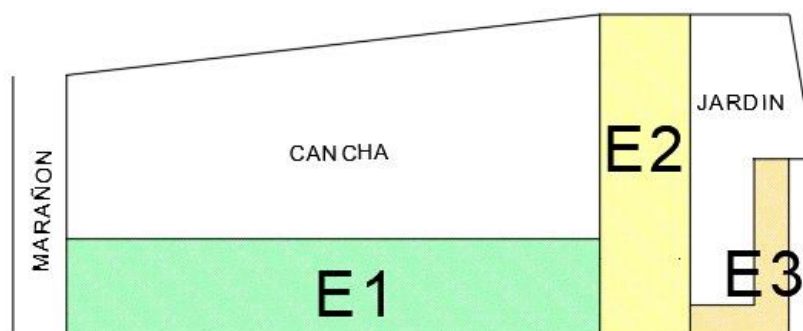


Tabla 50

Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa El Camino

DETALLE DE LOS EDIFICIOS		
Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1(3)	<p>(4) Aulas Primaria</p> <p>(5) Aulas Secundaria y oficinas</p> <p>(6) Cancha Sintética, Laboratorios</p> <hr/> <p>El año de construcción 1999, para lo cual su diseño se ha basado en la etapa de transición. El tipo de edificio identificado según la FEMA P-154 (2015) pertenece a clase C3, estructuras de hormigón armado.</p> <p>No presenta juntas entre bloques estructurales y una diferencia de niveles, se identifica un suelo tipo D, muy común en zonas de Sangolquí. En el año 2017 se realiza una ampliación vertical, con una altura mayor a la de entrepiso.</p> <p>Las vigas como columnas no presentan patologías. No se evidencia elementos no estructurales exteriores altos que puedan provocar inseguridad y pizarrones como proyectores cuentan con una adecuada fijación, en el interior de las aulas.</p>	

No se ha implementado ninguna norma básica para la accesibilidad inclusiva, personas en sillas de ruedas no podrán acceder fácilmente a la edificación.

E2 (1) (3) Iglesia

Su construcción data el año 2009, por lo cual tiene la normativa CEC2000, es una estructura tipo C3 según FEMA P-154; no presenta irregularidades en planta y elevación, cubierta plana, las principales patologías existentes son fisuras en losa y humedad en las paredes.



E3(1) (4) Aulas Inicial1 e Inicial 2

Estructura construida en el 2016, con columnas y vigas de acero y losa deck, el auditorio se encuentra adyacente a esta estructura sin contemplar juntas y distancias mínimas, pudiendo causar problemas de golpeteo se encuentra sobre un suelo tipo D, presenta irregularidad en planta debido a una esquita reentrante. Las condiciones de la edificación son buenas, debido a que presenta patologías en las paredes pequeñas humedades y en losa pequeñas grietas.



Tabla 51*Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa El Camino*

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

Tabla 52*Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa El Camino*

Edificación	Uso	V	Elemento de terreno	V*E	V Total
E1	Aulas Primaria y Secundaria, Laboratorios, Oficinas y Cancha sintética.	66.9	5	334.36	
E2	Iglesia	41.3	5	206.29	47.49
E3	Aulas Inicial 1 e Inicial 2	31.1	4	124.29	
	SUMA	139	14	664.93	
EDIFICIOS EVALUADOS POR EL FEMA P-154					
Edificación	Uso	V	Riesgo de Colapso		
E1	Aulas Primaria y Secundaria, Laboratorios, Oficinas y Cancha.	66.9	50%		
E2	Iglesia	41.3	50%		

Tabla 53

Riesgo global de la unidad Educativa El Camino

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

Unidad Educativa Cotogchoa

Tabla 54

Datos generales de la Unidad Educativa Cotogchoa

DATOS GENERALES	
Nombre de la Unidad Educativa seleccionada: Cotogchoa	
Ubicación: Sangolqui, Barrio Cashapamba, Vía a Pintag, Calle Antonio Tandazo	
Coordenadas: Este: 786211 Norte: 9963594	
Cota de construcción aproximada promedio: 2568 m	
Número de edificios: 10	



Figura 13

Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad Educativa Cotogchoa







Tabla 55

Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa Cotogchoa

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1(1)	1. Aulas preescolar La construcción de esta estructura data de menos de 20 años es de Acero que pertenece a la clase S5 de FEMA y no pose edificaciones adyacentes.	
E2 (1)	1. Bar, comedor primaria La construcción de esta estructura data de más de 20 años, pertenece a la clase S5 de FEMA, pose edificaciones	

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	adyacentes, tiene una cubierta de 2 aguas, se observa ampliación horizontal.	
E3(2)	<p>1. Aulas primaria</p> <p>La construcción consta de 2 plantas es una estructura que data de no más de 5 años es de hormigón armado y mampostería de bloque pertenece a la clase C3 de FEMA no pose edificaciones adyacentes.</p>	
E4(2)	<p>1. Aulas primaria</p> <p>2. Oficina</p> <p>Data alrededor de 15 años, pertenece a la clase C3 de FEMA P-154, pose edificaciones adyacentes, se observa ampliación horizontal con un diferente sistema constructivo con diferentes plantas.</p>	
E5(1)	<p>(1) Aulas secundaria</p> <p>La construcción de esta estructura data de menos de 20 años es de Acero que pertenece a la clase S5 de FEMA y no pose edificaciones adyacentes</p>	
E6(2)	<p>1. Sala de uso múltiple</p> <p>2. Administrativo, secretaría</p>	

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	<p>Data de más de 20 años es de hormigón armado y mampostería de bloque, pertenece a la clase C3 de FEMA P-15, no pose edificaciones adyacentes, pero presenta patologías</p>	
E7(1)	<p>1. Aulas, laboratorios</p> <p>La construcción de esta estructura data de menos de 20 años es de Acero que pertenece a la clase S5 de FEMA y no pose edificaciones adyacentes</p>	
E8(1)	<p>1. Aulas primaria</p> <p>La construcción de esta estructura data de no más de 5 años es de hormigón armado y mampostería de ladrillo pertenece a la clase C3 de FEMA no pose edificaciones adyacentes, y se encuentra en muy buenas condiciones</p>	
E9 (2)	<p>1. Vivienda</p> <p>2. Baños de maestros, bodega</p> <p>Data de más de 20 años, pertenece a la clase C3 de FEMA, no pose edificaciones adyacentes, se observa ampliación vertical con un diferente sistema constructivo, diferentes plantas y</p>	


Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	parapetos sin confinamiento y patologías estructurales	
E10(1)	1. Sala de maestros, Bodegas	
	La construcción no tiene registro de fecha de construcción y está compuesta únicamente de mampostería de bloque sin confinar y vigas de madera se la clasifico en la clase URM de FEMA	

Tabla 56

Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Cotogchoa

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

Tabla 57

Vulnerabilidad total de la Unidad Cotogchoa

Edificación	Uso	V	E	V*E	VT
E1	Aulas preescolar	36,24	5	178,35	
E2	Inspección, Bar	69,39	4	109,62	
E3	Aulas secundarias	25,82	5	175,85	
E4	Aulas primaria, oficinas	42,50	6	236,48	

Edificación	Uso	V	E	V*E	VT
E5	Aulas secundaria	36,88	4	141,25	
E6	Oficinas administrativas	63,09	1	60,82	42,35
E7	Aulas, laboratorios	35,63	5	319,10	
E8	Aulas	35,25	4	259,88	
E9	Baños, vivienda	61,05	4	133,05	
E10	Sala de maestros, bodegas	40,86	4	241,31	
	SUMA	446,74	44	1863,63	

EDIFICIOS EVALUADOS POR FEMA P-154

Edificación	Uso	V	Riesgo de colapso
E4	Aulas primaria, oficinas	42,50	12,589%
E6	Oficinas administrativas	63,09	25%

Tabla 58

Riesgo global de la unidad Educativa Cotogchoa

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

Unidad Educativa Liceo del Valle

Tabla 59

Datos generales de la Unidad Educativa Liceo del Valle

DATOS GENERALES

Nombre de la Unidad Educativa

seleccionada: Liceo del Valle

Ubicación: Km 1 vía Pintag (entre urbanización San Francisco y urbanización Cashapamba) Calle Azcaray.

Coordenadas: Este: 785973

Norte: 9964118

Cota de construcción aproximada promedio: 2556 m

Número de edificios: 5



Figura 14

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

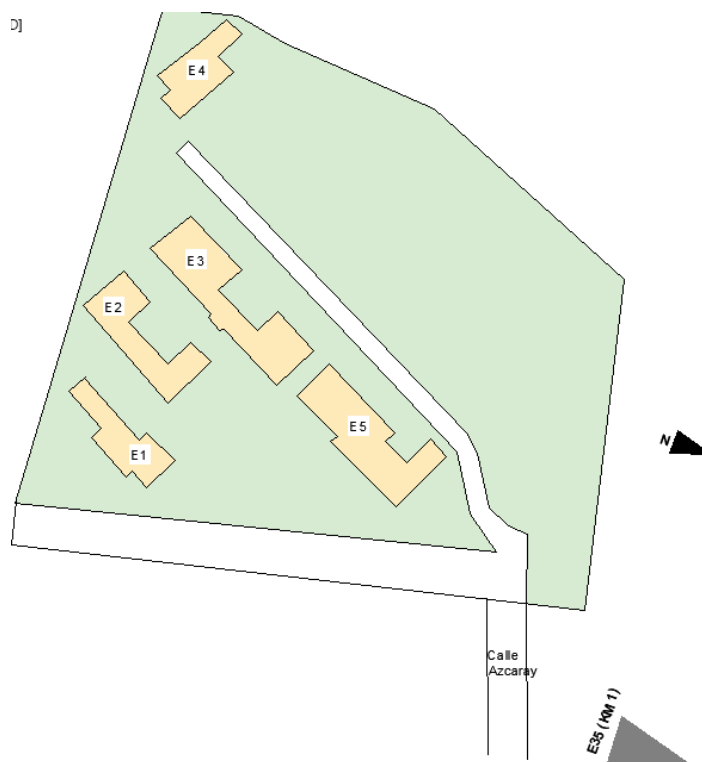




Tabla 60

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

DETALLE DE LOS EDIFICIOS		
Cód.	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
(#Pisos)		
E1(2)	1. Biblioteca 2. Administrativo, secretaría	
	<p>La construcción de esta estructura data de menos de 18 años, consta de 2 plantas es de hormigón armado y mampostería de bloque, pertenece a la clase C3 de FEMA, posee una ampliación horizontal con diferente sistema constructivo y 2 años de diferencia, presenta problemas de humedad localizada</p>	
E2 (2)	1. Primaria 2. Primaria	
	<p>La construcción de esta estructura data de menos de 18 años consta de 2 plantas es de hormigón armado y mampostería de bloque pertenece a la clase C3 de FEMA, posee irregularidad en planta y en elevación, , presenta problemas de humedad localizada</p>	

E3(1)

1. Aulas secundaria

La construcción de esta estructura data de menos de 18 años, es de hormigón armado y mampostería de bloque pertenece a la clase C3 de FEMA consta de 1 plantas y posee irregularidad en planta con patologías no estructurales, presenta problemas de humedad localizada

**E4(1)**

(1) Aulas preescolar

La construcción de esta estructura data de menos de 18 años, marcos de Acero y mampostería de bloque que pertenece a la clase S5 de FEMA, posee edificaciones adyacentes con separación adecuada

**E5(1)**

(1) Coliseo, talleres

Data de no más de 18 años, pertenece a la clase S5 de FEMA, pose edificaciones adyacentes, se observa ampliación horizontal con un diferente sistema constructivo con una planta presenta problemas de humedad localizada



Tabla 61

Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa Liceo del Valle

CAPACIDAD DE RESPUESTA		Cr = 64	
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 62

Vulnerabilidad total de Liceo del Valle

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

Tabla 63

Riesgo global de la unidad Educativa Liceo del Valle

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

Unidad Educativa San Rafael

Tabla 64

Datos generales de la Unidad Educativa San Rafael

DATOS GENERALES

Nombre de la Unidad Educativa

seleccionada: San Rafael

Ubicación: Av. General Enríquez 3083 y
calle La Concordia.

Coordenadas: Este: 783277

Norte: 9966087,5

Cota de construcción aproximada

promedio: 2500 m.s.n.m

Número de edificios: 10



Figura 15

Croquis de ubicación de los edificios en la Unidad Educativa San Rafael

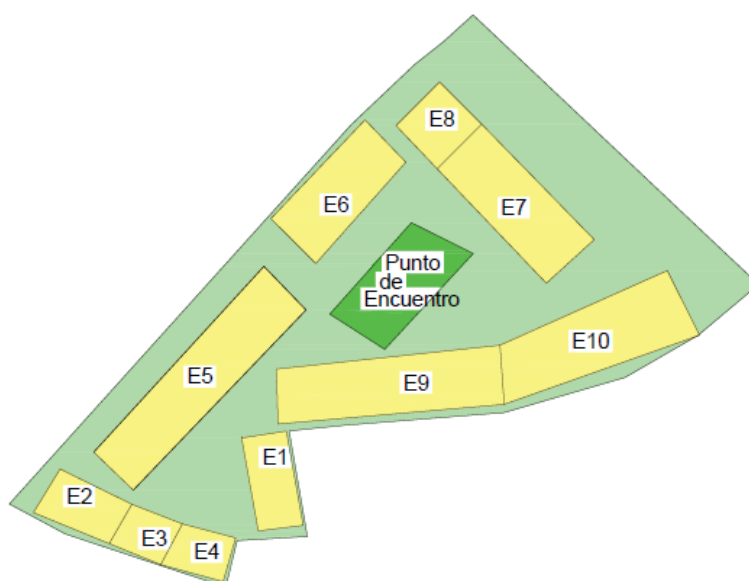







Tabla 65

Datos de los edificios que conforman la Unidad Educativa San Rafael

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
E1(2)	(2) Baños (3) Oficinas	
	<p>El edificio tiene más de 15 años, es de hormigón, vigas de madera y cubierta metálica; por lo cual pertenece a la clase MX de FEMA</p> <p>Tiene dos pisos y construcción adyacente.</p> <p>Se evidencia presencia de humedad y desprendimiento de mortero.</p>	
E2 (1)	(4) Aulas, dos bodegas	
	<p>Infraestructura mayor a 15 años, paredes de ladrillo y techo metálico, pertenece a la clase MX de FEMA.</p> <p>Tiene cielo falso, se evidencia las instalaciones eléctricas, algunas ventanas con vidrios rotos y mampostería desprendida.</p>	
E3 (2)	(5) Oficinas	

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	<p>La edificación data de más de 15 años, estructura de hormigón armado y mampostería de bloque y ladrillo, pertenece a la clase C3 de FEMA.</p> <p>Tiene edificaciones adyacentes, se evidencia desprendimiento de mortero por humedad; en la plata superior tienen un faro de luz, ampliación vertical.</p>	
E4 (1)	<p>(1) Aula de clase</p> <p>Año de construcción mayor a 15 años, un solo piso, cubierta y vigas metálicas, mampostería de ladrillo por lo cual es una estructura MX de acuerdo a FEMA.</p> <p>Tiene construcción adyacente, se nota en muro exterior la presencia de humedad.</p>	
E5 (1)	<p>(1) Aula de clase, oficinas y baños</p> <p>Año de construcción mayor a 15 años, un solo piso, cubierta metálica, vigas y cielo falso de madera (aulas y oficinas), mampostería de ladrillo por lo que se cataloga como una estructura MX de acuerdo a FEMA.</p>	

Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	<p>No tiene construcción adyacente,</p> <p>desprendimiento de mortero y paredes muestran humedad.</p>	
E6 (2)	<p>(1) Aulas de clase</p> <p>(2) Aulas de clase</p> <hr/> <p>El edificio tiene aproximadamente 10 años, es de hormigón armado, tiene vigas descolgadas y vigas metálicas, segundo piso con cubierta metálica.</p> <p>Tiene objetos desprendibles como campanas, faros de luz y visera.</p> <p>No tiene construcciones adyacentes.</p>	
E7 (1)	<p>(1) Oficinas</p> <hr/> <p>El edificio tiene más de 20 años, mampostería de ladrillo sin refuerzo de varillas de acero por lo que es categoría URM.</p> <p>Tiene una construcción adyacente.</p> <p>Muestra deflexión en losa y grietas.</p>	
E8 (2)	<p>(1) Oficina</p> <p>(2) Bodega</p> <hr/>	




Cód. (#Pisos)	Dependencias y detalles	Descripción gráfica
	<p>El edificio tiene más de 15 años, es de hormigón armado, el enlucido mal anclado y se desprende fácilmente siendo de categoría C3 de FEMA</p> <p>Tiene dos pisos y construcción adyacente.</p>	
<p>E9 (2)</p>	<p>(1) Aulas de clase</p> <p>(2) Aulas de clase</p> <hr/> <p>La construcción es mayor a 10 años, el material predominante es hormigón armado, tiene vigas descolgadas sin embargo el enlucido mal anclado por lo que es de categoría C3 de FEMA</p> <p>Tiene dos pisos y construcción adyacente.</p>	
<p>E10 (1)</p>	<p>(1) Aulas de clases y bodega</p> <hr/> <p>La edificación tiene más de 10 años, mampostería de ladrillo y cubierta metálica, siendo de tipo MX de acuerdo a FEMA.</p> <p>No tiene edificios adyacentes por lo que no tiene riesgo de golpeteo.</p>	

Tabla 66*Capacidad de respuesta de la Unidad Educativa San Rafael*

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

Tabla 67*Vulnerabilidad total de la Unidad Educativa San Rafael*

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

Tabla 68

Riesgo global de la unidad Educativa San Rafael

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

A partir de estos resultados se obtiene una tabla general con las comparaciones halladas:

Tabla 69

Comparaciones de Vulnerabilidad de las Unidades Educativas Evaluadas

N°	Nombre	Cr	Vtotal	Rg	Categoría
1	Unidad Educativa Liceo Naval	63,20	43,40	28,36	B
2	Unidad Educativa Particular Marques de Selva Alegre	75,20	34,60	18,90	B
3	Unidad Educativa Santo Tomás de Aquino	66,40	37,92	18,09	B
4	Unidad Educativa Juan de Salinas	65,60	41,67	19,98	B
5	Liceo Cristiano Mahanaym	63,20	46,64	31,27	C
6	Unidad Educativa Lev Vygotsky	76,00	43,77	26,60	B
7	Unidad Educativa Jahibé	76,00	40,04	23,63	B
8	Unidad Educativa El Camino	40,80	47,49	5,63	A
9	Liceo del Valle	64,00	37,62	23,40	B
10	Unidad Educativa Cotogchoa	63,20	42,35	27,45	B

N°	Nombre	Cr	Vtotal	Rg	Categoría
11	Unidad Educativa San Rafael	50,40	62,70	52,45	D

En base a la tabla 69 se obtienen los siguientes gráficos comparativos.

Gráficos comparativos

Figura 16

Porcentajes de las edificaciones según norma de construcción

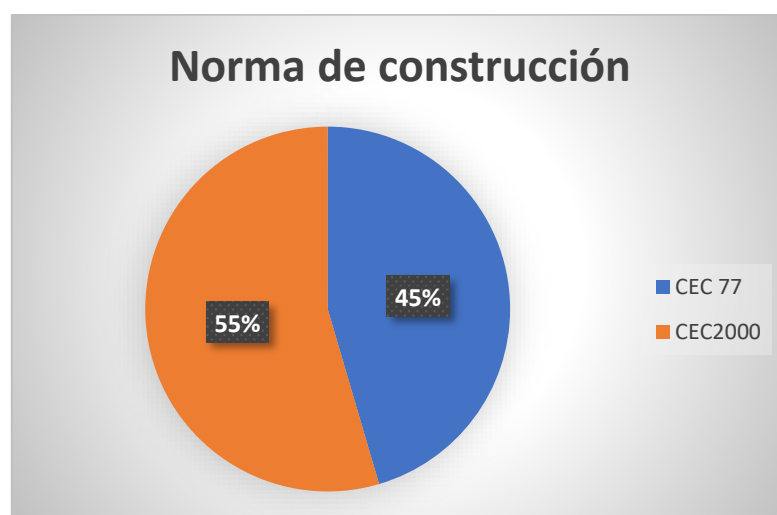


Figura 17

Porcentajes de las edificaciones según el tipo de estructura más común

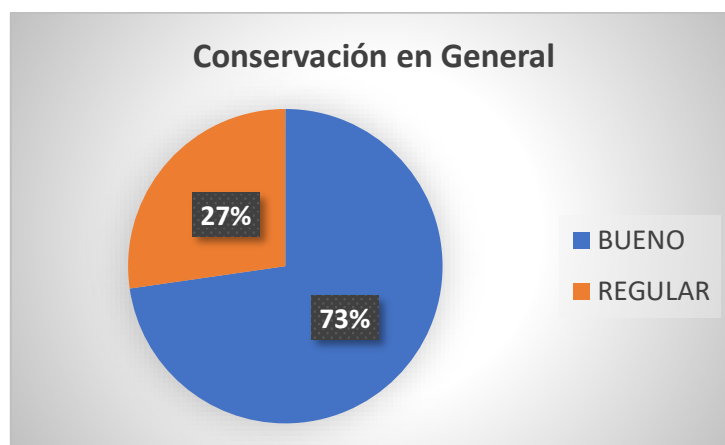


Figura 18

Porcentajes de las instituciones según tipo de suelo

**Figura 19**

Porcentajes de las instituciones según la conservación en general

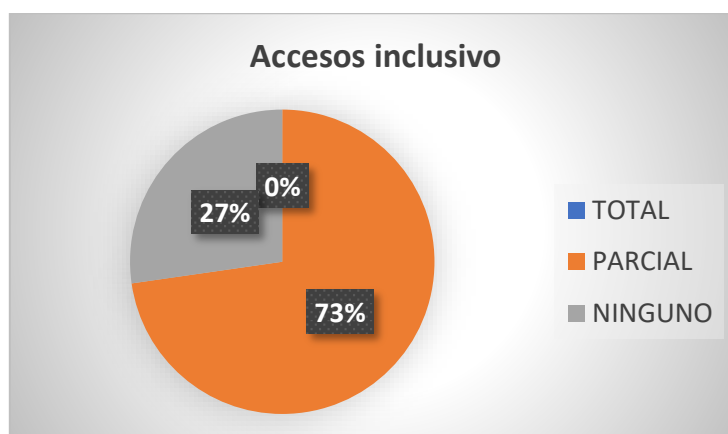
**Figura 20**

Porcentajes de las instituciones según el cumplimiento de parámetros para puertas y ventanas

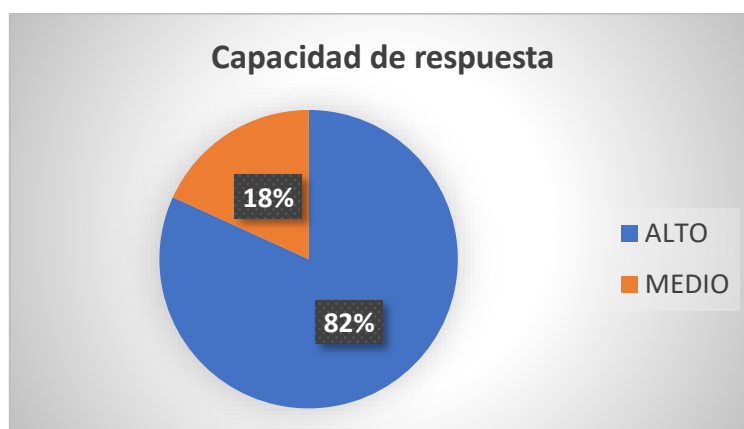


Figura 21

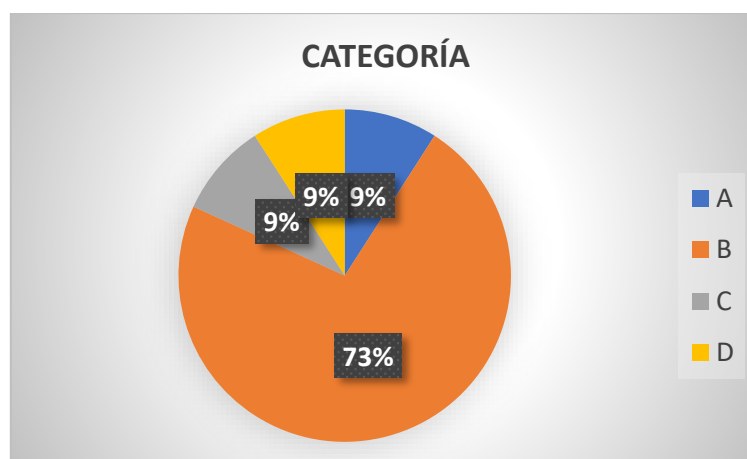
Porcentajes de las instituciones según el cumplimiento de accesibilidad inclusiva

**Figura 22**

Porcentajes de las instituciones según la capacidad de respuesta

**Figura 23**

Porcentajes de las instituciones según la categoría.



De las figuras de pastel mostrados, se destaca que las normativas utilizadas de manera general en las instituciones de Sangolquí son la CEC77 y CEC2000, con estructuras de tipo C3 en su mayoría, es decir marcos de hormigón armado con paredes que no son portantes, el tipo de suelo más común es el tipo C y D debido a la falta de información de este dato y por lo cual la guía de (Ballesteros & Caizaguano, 2020) recomiendan adoptar este tipo de suelo; además ninguna estructura cumple con los accesos de emergencia de puertas y las ventanas son laminadas mas no templadas.

Por otra parte, se muestra una buena capacidad de respuesta por parte de las instituciones teniendo en su mayoría una calificación mayor a 60, "Alta"; finalmente, el mayor porcentaje de las instituciones presentan una categoría tipo B, riesgo global moderado y solamente una, de las evaluadas, tiene categoría D, riesgo global alto.

Modelo de víctimas de las unidades educativas

De acuerdo al último registro de información del Ministerio de Educación en Sangolquí en el año escolar 2018-2019 se tuvo 25502 estudiantes y 1274 docentes (Ministerio de Educación, 2020), por lo cual, para este proyecto se consideró 13334 estudiantes y 66 individuos del personal docente y administrativo; es decir un total de 14000 personas, las mismas que se distribuyen en los colegios analizados de la siguiente manera:

Tabla 70

Distribución de estudiantes, personal docente y administrativo en unidades educativas.

Nombre	Est.	Personal
Unidad Educativa Liceo Naval	2341	169
Unidad Educativa Particular Marqués de Selva Alegre	495	36
Unidad Educativa Santo Tomas de Aquino	2600	44

Nombre	Est.	Personal
Unidad Educativa Juan de Salinas	3300	123
Liceo Cristiano Mahanaym	160	18
Unidad Educativa Lev Vygotsky	1262	100
Unidad Educativa Jahibé	244	16
Unidad Educativa El Camino	150	23
Liceo del Valle	513	33
Unidad Educativa Cotogchoa	924	47
Unidad Educativa San Rafael	1345	57
TOTAL =	13334	666

Nota: La tabla muestra la cantidad de estudiantes registrados en los establecimientos al momento de la evaluación.

Dada los datos anteriores, el presente trabajo investigativo toma como muestra el 52,3% de la población total de unidades educativas registrada para la parroquia de Sangolquí.

Tabla 71

Porcentaje de población analizada para estudio

Descripción	Est.	%
Total, de estudiantes y docentes 2019 =	26776	100
Muestra de población =	14000	52,29
Población faltante =	12776	47,71

Para estimar un correcto modelo de víctimas se considera un escenario crítico, en este caso, se establece que se presenta un sismo de magnitud 7 de la escala de Richter en un día normal de jornada laboral (martes) aproximadamente a las 9:00 a.m.; por lo tanto, el 98% de las instalaciones de la unidad educativa estarán en uso y respecto a la probabilidad de personas que puedan quedar atrapadas (M2) se determina en función del riesgo global.

Tabla 72

Valor de parámetros M2 y M3 para cada unidad educativa

Nombre	M2 (%)	Rg	M3 (%)
Unidad Educativa Liceo Naval		B	30,00
Unidad Educativa Particular Marqués de Selva			
Alegre		B	30,00
Unidad Educativa Santo Tomas de Aquino		B	30,00
Unidad Educativa Juan de Salinas		B	30,00
Liceo Cristiano Mahanaym		C	45,00
Unidad Educativa Lev Vygotsky	30	B	30,00
Unidad Educativa Jahibé		B	30,00
Unidad Educativa El Camino		A	15,00
Liceo del Valle		B	30,00
Unidad Educativa Cotogchoa		B	30,00
Unidad Educativa San Rafael		D	75,00

Para los parámetros del porcentaje de personas probablemente fallecidas a causa del colapso la estructura (M4) y para el porcentaje de mortalidad post colapso (M5), se estima el 30% y el 12% respectivamente, de este modo, al tener el valor para cada parámetro se procede a aplicar la ecuación y se obtiene la siguiente información:

Tabla 73

Cantidad de personas posiblemente atrapadas y fallecidas en unidades educativas

Nombre	Total de personas	Hab. durante desastre	Hab. posiblemente atrapados	Hab. posiblemente fallecidos
Unidad Educativa Liceo				
Naval	2510	2460,00	738,00	283,00
Unidad Educativa Particular				
Marqués de Selva Alegre	531	520,00	156,00	60,00
Unidad Educativa Santo				
Tomas de Aquino	2644	2591,00	777,00	298,00
Unidad Educativa Juan de				
Salinas	3423	3355,00	1006,00	386,00
Liceo Cristiano Mahanaym	178	174,00	78,00	30,00
Unidad Educativa Lev				
Vygotsky	1362	1335,00	400,00	154,00
Unidad Educativa Jahibé	260	255,00	76,00	29,00
Unidad Educativa El Camino	173	170,00	25,00	10,00
Liceo del Valle	546	535,00	161,00	62,00

Nombre	Total de personas	Hab. durante desastre	Hab. posiblemente e atrapados	Hab. posiblemente fallecidos
Unidad Educativa Cotogchoa	971	952,00	285,00	110,00
Unidad Educativa San Rafael	1402	1374,00	1030,00	396,00
TOTAL =	14000	13721	4732	1818

Nota: Los datos presentes en la tabla mostrada corresponden al escenario propuesto para el proyecto.

De todas las unidades educativas posiblemente se tendría 4732 personas atrapadas (estudiantes, personal docente y administrativo), de las cuales 2914 podrían sobrevivir y 1828 correspondería al número de fallecidos.

Conclusiones Y Recomendaciones

Conclusiones

- Aplicada la herramienta de Caizaguano y Balleteros para el análisis de vulnerabilidad sísmica en 11 unidades educativas de Sangolquí, se establece que la mayoría corresponde a categoría B representando un riesgo global moderado; a diferencia del establecimiento San Rafael que está en tipo D y del Liceo Cristiano Mahanaym con categoría C; se establece que los centros educativos particulares proporcionan mantenimiento continuo a las instalaciones mientras que las instituciones fiscales la falta de recursos económicos provoca un deterioro de las estructuras.
- La proporción de personas muertas (mortalidad) a heridas (morbilidad) por terremotos proporcionan información útil para planificar el tipo, la cantidad de suministros y personal necesario en un esfuerzo de socorro en una situación post desastre; sin embargo, el estimar un modelo de víctimas antes del sismo promueve mejorar los planes de evacuación y también priorizar obras de mantenimiento de estructuras para disminuir la cantidad de posibles heridos o fallecidos.

Recomendaciones

- La mayoría de ventanas en las unidades educativas tienen rejas, respecto a ellas se recomienda retirarlas o bien reemplazarlas por rejas móviles, de este modo durante el desastre natural podrían ser puntos de salida de emergencia del aula en caso de que la puerta tenga obstrucción, reduciendo de esta manera la cantidad de personas atrapadas en las instalaciones.
- A las instituciones educativas prescindir de la construcción improvisada y de la informalidad que puede poner en riesgo a su comunidad educativa.

Referencias

- Ballesteros, K., & Caizaguano, D. (17 de agosto de 2020). *Guía para la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de unidades educativas localizadas en la parroquia de Sangolquí, basada en la guía FEMA P-1000. Estudio de caso*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/22553/1/T-ESPE-043869.pdf>
- Caicedo, Barbat, Canas, & Aguiar. (1994). *Vulnerabilidad Sísmica de Edificios*. España: Monografías de Ingeniería Sísmica.
- Calvi, G. P.-V. (2006). Development of Seismic Vulnerability Assessment. 75-104. doi:No. 472 43(3):
- Carranza, R., & Yacelga, E. (2016). *Análisis comparativo de la zona de confinamiento para la conformación de la rótula plástica en vigas de hormigón armado*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Chicaiza Bósquez, A. (2016). *Espectros de control para el Valle de los Chillos*. Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16821>
- FEMA P1000. (Junio de 2017). *A Guide to Improving School Natural Hazard Safety*. Obtenido de https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema_earthquakes_p-1000-safer-stronger-smarter-a-guide-to-improving-school-natural-hazard-safety_aug2017.pdf
- FEMA P-154. (2015). *Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: A handbook*. Federal Emergency Management Agency. Obtenido de https://www.fema.gov/media-library-data/1426210695633-d9a280e72b32872161efab26a602283b/FEMAP-154_508.pdf

- Ferreira, M., Oliveira, C., & Sá, F. (enero de 2011). *Estimating Human Losses in Earthquake Models: A discussion*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/226934528_Estimating_Human_Losses_in_Earthquake_Models_A_Discussion
- García Román, E., & Pedrón Bustos, P. (2016). *Aplicación de evaluación técnico visual en estructuras de vivienda ante fenómenos naturales en el sector Club los Chillos, Calle Anturios hasta intersección de la calle de la Rosa*. Sangolquí: Pontífica Universidad Católica del Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/12470>
- IGM. (2020). *Instituto Geofísico*. Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/eq20160416-informes-noticias>
- Katya, R. (2019). *Patología de la edificación/Estructuras metálicas/Acero/Lesiones*.
- Lanning, F. &. (Noviembre de 2016). *EERI Earthquake Reconnaissance Team Report: M7.8 Muisne, Ecuador Earthquake on April 16, 2016*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/309619346_EERI_Earthquake_Reconnaissance_Team_Report_M78_Muisne_Ecuador_Earthquake_on_April_16_2016
- Mancheno, E. (2017). *Análisis del desempeño sísmico del edificio de aulas de la Unidad Académica de Ingeniería Civil*. Machala: Unidad Académica de Ingeniería Civil.
- Ministerio de Educación. (2020). *Estudiantes a nivel nacional 2018-2019*. Obtenido de <https://educarecuador.gob.ec/visualizador-estadistico/>
- NEC. (2015). *Normativa Ecuatoriana de la Construcción*.
- Obando Rivera, G. A., & Rodríguez Anton, R. A. (2008). *Estudio de la vulnerabilidad sísmica del Hospital Fernando Vélez Paíz*. Nicaragua.

Organización Internacional para las Migraciones, Secretaria de Gestión de Riesgos.

(Diciembre de 2017). *Guía operacional para la gestión de alojamientos temporales en Ecuador*. Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/06/Guia-de-Alojamientos-Temporales.pdf>

Organización Mundial de la Salud. (s.f.). *Acción sanitaria en las crisis humanitarias*. Obtenido

de <https://www.who.int/hac/techguidance/ems/earthquakes/es/>

Parra, Benito, & Gaspar. (2019). *Estimación de la peligrosidad sísmica en Ecuador*

Continental. Sangolquí. Obtenido de

<file:///C:/Users/CERBERUS/Downloads/estimacion%20de%20la%20peligrosidad%20sismica%20en%20ecuador%20continental.pdf>

Secretaria de Gestión de Riesgos. (16 de Mayo de 2016). *Informe de Situación N° 65*.

Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Informe-de-situaci%C3%B3n-n%C2%B065-especial-16-05-20161.pdf>

Secretaria de la Gestión de Riesgos Ecuador. (abril de 2018). *Plan Nacional de Respuesta*

ante Desastres. Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/08/Plan-Nacional-de-Respuesta-SGR-RespondeEC.pdf>

Souza, C. (2019). ¿Qué significan las grietas en las estructuras de hormigón?

Anexos

Anexo 1: Fotografías de las instituciones Educativas Evaluadas

Anexo 2: Solicitud para instituciones Educativas