



**Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de Unidades Militares importantes
(colegios, hospitales, aeropuertos) en el Ecuador, basada en la guía FEMA P-1000, NEC-
15, FEMA 577, ASCE/SEI 41-17, ASCE/SEI 7-22 – Parte 2**

Chiriboga Pozo, Grace Magdalena; López Albán, Bryan Patricio; Rodríguez Romero,
Israel Eduardo y Salgado Revelo, Carlos Andrés

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

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

Ing. Haro Báez, Ana Gabriela, Ph. D.

24 de agosto del 2022



Proyecto MIC.docx

Scanned on: 19:38 August 24, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	1133
Words with Minor Changes	479
Paraphrased Words	1454
Omitted Words	3117



firmado electrónicamente por:

**ANA
GABRIELA**

Ing. Haro Báez, Ana Gabriela, Ph. D.



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **"Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de Unidades Militares importantes (colegios, hospitales, aeropuertos) en el Ecuador, basada en la guía FEMA P-1000, NEC-15, FEMA 577, ASCE/SEI 41-17, ASCE/SEI 7-22 – Parte 2"** fue realizado por los señores **Chiriboga Pozo, Grace Magdalena; López Albán, Bryan Patricio; Rodríguez Romero, Israel Eduardo y Salgado Revelo, Carlos Andrés**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 24 de agosto 2022



Ing. Haro Báez, Ana Gabriela, Ph. D.

C. C.1713500302



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Chiriboga Pozo, Grace Magdalena; López Albán, Bryan Patricio; Rodríguez Romero, Israel Eduardo y Salgado Revelo, Carlos Andrés**, con cédulas de ciudadanía n°0401978010, n°1718259011, n°1726601238, n°0401589254, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de Unidades Militares importantes (colegios, hospitales, aeropuertos) en el Ecuador, basada en la guía FEMA P-1000, NEC-15, FEMA 577, ASCE/SEI 41-17, ASCE/SEI 7-22 – Parte 2** 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, 24 de agosto 2022

Chiriboga Pozo, Grace Magdalena

C.C.: 0401978010

López Albán, Bryan Patricio

C.C.: 1718259011

Rodríguez Romero, Israel Eduardo

C.C.: 1726601238

Salgado Revelo, Carlos Andrés

C.C.: 0401589254



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Autorización de Publicación

Nosotros **Chiriboga Pozo, Grace Magdalena; López Albán, Bryan Patricio; Rodríguez Romero, Israel Eduardo y Salgado Revelo, Carlos Andrés**, con cédulas de ciudadanía n°0401978010, n°1718259011, n°1726601238, n°0401589254, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de Unidades Militares importantes (colegios, hospitales, aeropuertos) en el Ecuador, basada en la guía FEMA P-1000, NEC-15, FEMA 577, ASCE/SEI 41-17, ASCE/SEI 7-22 – Parte 2** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 24 de agosto 2022



Chiriboga Pozo, Grace Magdalena

C.C.: 0401978010



López Albán, Bryan Patricio

C.C.: 1718259011



Rodríguez Romero, Israel Eduardo

C.C.: 1726601238



Salgado Revelo, Carlos Andrés

C.C.: 0401589254

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico a mis padres Armando y Narciza, por todo el apoyo incondicional que me han brindado, por ser siempre mi guía y darme mucho aliento en este proceso, por sus sabias palabras, su esfuerzo, su ejemplo y dedicación he podido alcanzar nuestro sueño, esto es por mí y por ustedes.

A mis hermanos Jean y Naty por estar a mi lado, ya que con su ejemplo he tenido las ganas de alcanzar esta meta, y a Miki que a razón de su esfuerzo podrá lograr todo lo que se proponga.

A mis abuelitos que Dios los tiene en su gloria y ahora son unos ángeles en mi vida.

A todos quienes me impulsaron e inspiraron a llegar donde estoy ahora.

Grace Chiriboga

Este trabajo va dedicado para mis padres Galo y Cecilia, quienes han sido mi motor y mi fuerza durante todos estos años, quienes me han apoyado en todo momento ya sea bueno o malo además que con su gran amor y esfuerzo me han brindado la oportunidad de convertirme en un profesional como lo han hecho con cada uno de sus hijos.

A mis hermanos Hugo y Graciela, que a pesar de no estar en todo momento juntos siempre han estado para darme un consejo los cuales he aplicado en el día a día.

A Michelle, la mujer que Dios puso en mi camino y quien guío mi vida a ser una mejor persona, porque siempre estuvo dándome ánimos en todo momento para no decaer, por siempre recordarme que iba a poder con todo a pesar de lo difícil que era cada reto que se presentaba, y por ser el principal motivo por el cual ahora se está cumpliendo tan anhelada meta.

A mis amigos de tesis Panita, Grace y Carlos, quienes han sabido estar en todo momento durante toda la carrera logrando que sea una de las mejores experiencias que se ha presentado en mi vida.

Bryan López

El presente trabajo está dedicado principalmente a mis padres Edwin e Irene, cuyos ejemplos de esfuerzo, dedicación y constancia, han logrado inspirarme y motivarme todos estos años, con el fin de cumplir mi meta propuesta.

De igual forma, dedico este trabajo a mi hermano Michael y a su esposa Lizeth, por brindarme su apoyo, preocupación, sabiduría y experiencia, siendo la guía en el arduo camino de la vida.

A mis sobrinos Nicolas y Zaid, que este logro represente un incentivo demostrando que el esfuerzo y la dedicación, prevalecerá ante toda circunstancia, impulsándolos a seguir adelante y nunca decaer.

A mis amigos de tesis Bryan, Carlos y Grace, por el arduo trabajo que realizamos, la entrega y preocupación, para que todo saliera de la mejor manera.

Israel Rodríguez

Este trabajo va dedicado a todos aquellos que formaron parte de este importante proceso en mi vida y a quienes, en mí, sembraron sus ideales para convertirme en lo que ahora soy.

Especialmente se lo dedico a mi querida madre Miriam Leonor, sin ella nada de esto sería posible, su esfuerzo y perseverancia han sido los precursores de este logro y hoy en día se convierten en mi mayor ejemplo a seguir.

Carlos Salgado

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a mis padres por ser las personas que me inculcaron alcanzar este sueño, por su sensatez, sus consejos, por un hogar lleno de valores y educación; por haberme enseñado que vale equivocarse y aprender.

A mis hermanos por acompañarme, por su cariño, por ser un soporte en mis buenos y malos momentos, por impulsarme a seguir adelante, ya que saben que mis logros también son suyos.

A mi tutora de proyecto Dra. Anita Haro por impartir su conocimiento y experiencia a lo largo de la carrera; su calidad humana y honestidad es de admiración para todos.

A mi universidad ESPE por abrirme las puertas y darme la oportunidad de estudiar tan prestigiosa carrera, por el conocimiento que me brindaron los diferentes docentes que será valioso para mi vida profesional.

A mis amigos Magui, Miguel, Juan, Alejo, Papita, Mateo, Rodri, Jess, por haberme brindado su amistad y por todas esas experiencias desde primer semestre. De igual manera a Santy, Nathy, Ale, Sani y Steven que desde que los conozco han sido un apoyo en este arduo camino.

A mi mascota "Lily" por llegar a mi vida y ser mi compañía por tantos años, porque cada vez que regreso a casa me recibe con su colita llena de alegría.

A mis compañeros de proyecto Bryan, Carlos y Panita por ayudarnos y apoyarnos mutuamente, para que nuestro trabajo sea culminado.

Por último, gracias a todas esas personas que conocí y fueron parte de mi vida universitaria.

Grace Chiriboga

Agradezco a mis padres, hermanos y sobrinos, quienes siempre me estuvieron apoyando y dándome ánimos para continuar, fueron un pilar muy importante para poder cumplir esta meta propuesta hace muchos años, gracias por siempre confiar en mí.

A mi enamorada Michelle, quien siempre estuvo brindándome su amor y sabiduría para poder cumplir cada una de los sueños que nos hemos planteado en especial terminar la carrera universitaria, así mismo a su familia, quienes me han abierto las puertas de su hogar y me han sabido manifestar siempre un apoyo incondicional tanto para mi vida universitaria como mi vida personal.

A Jonathan Medina, un amigo que aprecio demasiado que siempre ha estado en todo momento apoyando y brindándome consejos que han sido muy útiles durante todos estos años.

A mi compañera fiel Kyra, que siempre estuvo en las noches de desvelo a mi lado haciendo deberes y día tras día sacándome varias sonrisas en todo momento.

A mis amigos y compañeros que la carrera nos ha dejado a lo largo de todos estos años, Panita, Grace, Carlos, Alejandro, Alejandra, Steven, Holger, Israel, Samurai, Alejandro, Nicole, Charly, Sebastián, entre otros quienes siempre han estado brindando apoyo en todo momento y han hecho de la vida universitaria una experiencia maravillosa.

Finalmente, un agradecimiento especial a nuestra tutora de tesis, Dra. Ana Haro, quien se dio el tiempo de guiarnos y transmitirnos todo su conocimiento para concluir este trabajo de la mejor manera.

Bryan López

A mis padres por inculcarme buenos valores, teniendo la fe y confianza de alcanzar todo lo que me he propuesto, ayudando a mi crecimiento no solo profesional sino como ser humano.

A mi hermano y su familia, quienes han velado por mi desde el momento que decidí encaminarme en mis estudios profesionales, compartiendo vivencias y consejos, demostrando así lo sencillo que puede ser la vida.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por darme la oportunidad de formarme como profesional, teniendo un arduo grupo de docentes que con su sabiduría y profesionalismo nos han compartido a lo largo de este proceso de formación.

A nuestra tutora de proyecto, la Dr. Ana Gabriela Haro, nos brindó de su tiempo, experiencia, paciencia y sabiduría, cuya guía y entrega ha sido fundamental en el desarrollo y culminación del presente proyecto.

A todos los compañeros de la carrera con quienes he compartido vivencias y experiencias, especialmente Bryan, Carlos, Mabel, Henry, Kerlly, Grace, Steven, Papita, entre otros quienes me han brindado su apoyo y amistad, amenizando así esta etapa de mi vida.

A mis amigos de toda la vida Diego, Troll, Calvin, Oso, Potter, Dana, Bombkid, Miguel, Charli, Yariely, Curi, por ayudarme en mis momentos de flaqueza, en no dejarme echar para atrás en varias decisiones a lo largo de este trayecto; y de igual forma amenizando cada momento en los cuales fueron únicos.

Y, por último, y no menos importante un agradecimiento especial a mi mascota “Coca” quien llego en los momentos más difíciles que estaba pasando, haciéndome cambiar mi perspectiva de la vida, colmándome de paciencia y alegría, siendo una parte esencial de todo lo que realizo.

Israel Rodríguez

A todos quienes me ayudaron a lo largo del transcurso de mi carrera y con especial cariño a aquellos que han estado para mí desde siempre.

A mi Dios, que con su infinita sabiduría y misericordia a guiado mis pasos día a día.

A mi amada madre Miriam Leonor, que ha sido mi apoyo y mi sustento en cada momento y cuyo esfuerzo se ve hoy reflejado en el cumplimiento de este logro.

A mi padre Edison y a mis familiares quienes con sus palabras y acciones me brindaron el aliento que necesitaba.

A mis amigos de la carrera de ingeniería civil, con los cuales he compartido muchos momentos, en especial a Israel, Bryan, Grace, Henry, María Belén y Alejandro, de ellos me llevo un muy grato recuerdo.

A los docentes de mi universidad, especialmente a la doctora Ana Gabriela Haro, tutora de este proyecto. Las lecciones aprendidas quedarán marcadas en mi caminar.

A todos ellos gracias, porque sin su apoyo y enseñanzas no hubiese podido alcanzar esta meta.

Carlos Salgado

Índice de contenido

Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	10
Índice de contenido.....	14
Índice de tablas.....	20
Índice de figuras.....	25
Resumen.....	26
Abstract.....	27
Capítulo I.....	28
Generalidades.....	28
Introducción	28
Antecedentes.....	29
Planteamiento del problema.....	30
Justificación e Importancia	32
Objetivos.....	34
Objetivo General	34
Objetivos específicos	34
Descripción de contenido.	35
Capítulo I.....	35
Capítulo II.....	35
Capítulo III.....	35
Capítulo IV	35
Capítulo V	36

	15
Definición de variables	36
Independientes.....	36
Dependientes	36
Capítulo 2.....	37
Marco Teórico.....	37
Riesgo Sísmico.....	37
Peligrosidad sísmica en Esmeraldas	39
Sistema de Fallas en Esmeraldas.....	40
Peligrosidad sísmica en Guayaquil	42
Fallas activas en Guayaquil	43
Peligrosidad sísmica en Cuenca	44
Fallas locales en Cuenca	45
Sistema de Fallas Girón.....	46
Vulnerabilidad Estructural.....	47
Evaluación de Vulnerabilidad	47
Grupos de Vulnerabilidad.....	49
Normativas Aplicadas.....	49
Normativa FEMA P-154	50
Normativa FEMA 396.....	50
Normativa FEMA P-1000	50
Normativa NEC-15.....	51
Normativa FEMA 577	51

Normativa FEMA E-74	51
Normativa ASCE/SEI 41-17	52
Normativa ASCE/SEI 7-22	52
Capítulo 3.....	53
Marco Metodológico.....	53
Determinación de las zonas de estudio.....	53
Métodos NEC – 15 y FEMA P – 154	53
Planificación de la Inspección Visual Rápida	54
Alcance y objetivos de inspección	54
Formularios	55
Capacitación de inspectores	55
Recopilación de información.....	56
Geotecnia según la zona de estudio.....	58
Adyacencia.....	59
Riesgos de caídas exteriores	60
Determinación de irregularidades	62
Inspección de edificaciones.....	62
Verificación de geometría	62
Búsqueda de Irregularidades	63
Identificación del contenido de la edificación.....	63
Identificación del tipo de construcción	63
Resultados de formularios e inspecciones.....	69

	17
Interpretación de resultados.....	70
Formulación de recomendaciones técnicas	71
Capítulo 4.....	72
Resultados	72
Generalidades	72
Hospital Naval de Guayaquil	72
Hospital Naval de Esmeraldas	73
Hospital General II de Guayaquil	74
Hospital General III de Cuenca	74
Nivel de sismicidad.....	75
Ubicación e información de identificación.....	81
Características generales	84
Tipo de suelo y riesgos geológicos.....	87
Hospital Naval de Guayaquil	87
Hospital Naval de Esmeraldas	88
Hospital General II Guayaquil	90
Hospital General III Cuenca	92
Riesgos no estructurales	94
Hospital Naval de Guayaquil	94
Hospital Naval de Esmeraldas	97
Hospital General II de Guayaquil	101
Hospital General III Cuenca	104

Inspección del contenido de la edificación	107
Hospital Naval de Guayaquil	107
Hospital Naval de Esmeraldas	110
Hospital General II de Guayaquil	114
Hospital General III de Cuenca	118
Identificación del tipo de estructura	121
Hospital Naval de Guayaquil	121
Hospital Naval de Esmeraldas	122
Hospital General II de Guayaquil	124
Hospital General III Cuenca	126
Irregularidades.....	127
Otros riesgos y alcance de la inspección	135
Puntajes básicos, modificadores Nivel 1 y Nivel 2	138
Hospital Naval de Guayaquil	138
Hospital Naval de Esmeraldas	143
Hospital General II de Guayaquil	151
Hospital General III de Cuenca	157
Puntajes finales formularios Nivel 1 y 2.....	165
Acciones requeridas	168
Resultados de formularios	172
Hospital Naval de Guayaquil	172

Hospital Naval de Esmeraldas	174
Hospital General II de Guayaquil	176
Hospital General III de Cuenca	177
Recomendaciones técnicas para mitigar la vulnerabilidad sísmica.....	178
Estructural:	178
No estructural:	180
Contenido:	180
Capítulo 5.....	183
Conclusiones y recomendaciones	183
Conclusiones	183
Recomendaciones	185
Referencias bibliográficas.....	187
Apéndices	192

Índice de tablas

Tabla 1 Fallas y pliegues cuaternarios de la provincia del Azuay	46
Tabla 2 Modelo de información para identificar cada estructura esencial Nivel 1	57
Tabla 3 Modelo de características para identificar cada estructura esencial Nivel 1	58
Tabla 4 Espacios mínimos de separación entre edificios adyacentes.....	59
Tabla 5 Modelo para identificar la interacción entre edificios adyacentes Nivel 1	59
Tabla 6 Detallar los riesgos de caídas exteriores en los bloques de las estructuras esenciales	61
Tabla 7 Tipos de edificios de FEMA	64
Tabla 8 Determinación de la Región Sísmica a partir de la Respuesta de Aceleración Espectral del MCR-R	76
Tabla 9 Resultados obtenidos de las gráficas de curvas de peligrosidad sísmica de cada ciudad de estudio y de la página del Instituto Geofísico-EPN para la tasa de excentricidad de 475 años (0,00211).....	78
Tabla 10 Resultados obtenidos de las gráficas de curvas de peligrosidad sísmica de cada ciudad de estudio y de la página del Instituto Geofísico-EPN para la tasa de excentricidad de 2500 (0,0004) y 2475 (0,000404) años respectivamente	79
Tabla 11 Nivel de Sismicidad de Esmeraldas.....	80
Tabla 12 Nivel de Sismicidad de Guayaquil	81
Tabla 13 Nivel de Sismicidad de Cuenca	81
Tabla 14 Ubicación e Información de Identificación Hospital Naval de Guayaquil	82
Tabla 15 Ubicación e Información de Identificación Hospital Naval de Esmeraldas	82
Tabla 16 Ubicación e Información de Identificación Hospital General II Guayaquil	83
Tabla 17 Ubicación e Información de Identificación Hospital General III Cuenca	84
Tabla 18 Características generales Hospital Naval de Guayaquil.....	84
Tabla 19 Características generales Hospital Naval de Esmeraldas	85
Tabla 20 Características generales Hospital General II Guayaquil	86

Tabla 21 Características Generales Hospital General III Cuenca	86
Tabla 22 Tipo de suelo y riesgos geológicos Hospital Naval de Guayaquil	88
Tabla 23 Tipo de suelo y riesgos geológicos Hospital Naval de Esmeraldas.....	90
Tabla 24 Tipo de suelo y riesgos geológicos Hospital General II Guayaquil	92
Tabla 25 Tipo de suelo y riesgos geológicos Hospital General III Cuenca.....	93
Tabla 26 Peligros no estructurales Hospital Naval de Guayaquil	94
Tabla 27 Peligros no estructurales Hospital Naval de Esmeraldas	97
Tabla 28 Peligros no estructurales Hospital General II de Guayaquil	101
Tabla 29 Peligros no estructurales Hospital General III Cuenca	104
Tabla 30 Inspección del contenido del Hospital Naval de Guayaquil.	109
Tabla 31 Inspección del contenido del Hospital Naval de Esmeraldas	112
Tabla 32 Inspección del contenido del Hospital General II de Guayaquil.....	116
Tabla 33 Inspección del contenido del Hospital General III Cuenca	119
Tabla 34 Tipo de estructura Hospital Naval de Guayaquil.....	122
Tabla 35 Tipo de estructura Hospital Naval de Esmeraldas.....	124
Tabla 36 Tipo de estructura Hospital General II de Guayaquil.....	125
Tabla 37 Tipo de estructura Hospital General III Cuenca.....	127
Tabla 38 Irregularidades Hospital Naval de Guayaquil.....	127
Tabla 39 Irregularidades Hospital Naval de Esmeraldas.....	129
Tabla 40 Irregularidades Hospital General II de Guayaquil.....	131
Tabla 41 Irregularidades Hospital General III Cuenca.....	133
Tabla 42 Otros Riesgos y Alcance de la Inspección Hospital Naval de Guayaquil.	135
Tabla 43 Otros Riesgos y Alcance de la Inspección Hospital Naval de Esmeraldas.....	136
Tabla 44 Otros Riesgos y Alcance de la Inspección Hospital General II de Guayaquil.....	137
Tabla 45 Otros Riesgos y Alcance de la Inspección Hospital General III Cuenca	137

Tabla 46 Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 1	138
Tabla 47 Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 1	139
Tabla 48 Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 2	140
Tabla 49 Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 2	141
Tabla 50 Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 3	142
Tabla 51 Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 3	142
Tabla 52 Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 1	143
Tabla 53 Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 1	144
Tabla 54 Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 3	145
Tabla 55 Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 3	145
Tabla 56 Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 5	146
Tabla 57 Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 5	147
Tabla 58 Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (S3) Nivel 1 del bloque 5	148

Tabla 59 Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 5	149
Tabla 60 Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 9	150
Tabla 61 Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 9	150
Tabla 62 Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque lateral derecho	151
Tabla 63 Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque lateral derecho	152
Tabla 64 Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque central	153
Tabla 65 Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque central	154
Tabla 66 Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque lateral izquierdo.....	155
Tabla 67 Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque lateral izquierdo.....	156
Tabla 68 Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 1	157
Tabla 69 Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 1	158
Tabla 70 Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 2	159
Tabla 71 Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 2	159

Tabla 72 Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 3	160
Tabla 73 Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 3	161
Tabla 74 Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 4	162
Tabla 75 Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 4	162
Tabla 76 Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 5	164
Tabla 77 Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 5	164
Tabla 78 Puntajes finales Hospital Naval de Guayaquil.	166
Tabla 79 Puntajes finales Hospital Naval de Esmeraldas.	166
Tabla 80 Puntajes finales Hospital General II de Guayaquil.....	167
Tabla 81 Puntajes finales Hospital General III Cuenca	168
Tabla 82 Acciones Requeridas Hospital Naval de Guayaquil.....	168
Tabla 83 Acciones Requeridas Hospital Naval de Esmeraldas.....	169
Tabla 84 Acciones Requeridas Hospital General II de Guayaquil.....	171
Tabla 85 Acciones Requeridas Hospital General III Cuenca.....	171

Índice de figuras

Figura 1 Zonas Fuentes.....	38
Figura 2 Mapa de peligro sísmico para zona de estudio	38
Figura 3 Estimación de máximas magnitudes probables obtenidas desde análisis de fallas capaces empleando el método de ecuaciones propuestas por Wesnousky (2008).....	42
Figura 4 Mapa de Fallas Activas en la provincia del Guayas	44
Figura 5 Mapa de Fallas y Pliegues Cuaternarias de Ecuador y Regiones Oceánicas Adyacentes	45
Figura 6 Vista frontal del Hospital Naval de la ciudad de Guayaquil	72
Figura 7 Vista panorámica Hospital Naval de Esmeraldas (HOSNAE)	73
Figura 8 Vista frontal del Hospital General II de Libertad de la ciudad de Guayaquil.....	74
Figura 9 Vista frontal del Hospital Militar III de Tarqui de la ciudad de Cuenca.....	75
Figura 10 Curvas de Peligro Sísmico para Esmeraldas a diferentes períodos estructurales	77
Figura 11 Curvas de Peligro Sísmico para Guayaquil a diferentes períodos estructurales.....	77
Figura 12 Curvas de Peligro Sísmico para Cuenca a diferentes períodos estructurales	78
Figura 13 Mapa de Zonas Geotécnicas de la ciudad de Esmeraldas	89
Figura 14 Mapa Geológico de la ciudad de Guayaquil	91
Figura 15 División del plano de la ciudad de Cuenca en Unidades Geotécnicas.....	93

Resumen

En el siguiente proyecto se realiza la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de cuatro unidades militares, los Hospitales Navales de Esmeraldas y de Guayaquil y los Hospitales Militares de Guayaquil y de Cuenca, los cuales son clasificados según la NEC-15 como estructuras esenciales, de acuerdo con esto se describen algunos eventos sísmicos en cada provincia de estudio, en donde los desastres más significativos han dejado pérdidas tanto materiales como humanas. El estudio se inicia con la recopilación de información de los diferentes hospitales, obteniendo los datos de la edificación, datos de construcción, tipo de suelo, riesgos geológicos, tipología de la estructura, irregularidades, peligro de caídas exteriores, entre otros parámetros importantes. De igual forma para la evaluación de estas estructuras esenciales se determinó el nivel de sismicidad en base a las curvas de peligrosidad sísmica establecidas en la NEC-15. Una vez obtenidos estos datos se procedió a realizar las evaluaciones visuales rápidas con el objetivo de detallar cada una de las fallencias que se presentaban tanto en la zona interna como externa de la estructura. Mediante los formularios se obtuvieron resultados a partir de los cuales se definen una serie de recomendaciones que permitirán reducir la vulnerabilidad sísmica que presentan las estructuras, ya sea por condiciones arquitectónicas y constructivas o por afectaciones que se vienen dando con el pasar de los años, todo esto en base al nivel promedio de vulnerabilidad de cada estructura. De igual manera, mediante un análisis basado en la FEMA E-74 se presentan varias sugerencias que permitirán reducir los riesgos en elementos no estructurales, los cuales podrían afectar el bienestar de los ocupantes ante la ocurrencia de un evento sísmico.

Palabras clave: estructuras esenciales, vulnerabilidad sísmica, riesgos estructurales, riesgos no estructurales, contenido.

Abstract

The following project evaluates the degree of seismic vulnerability of four military units, the Naval Hospitals of Esmeraldas and Guayaquil and the Military Hospitals of Guayaquil and Cuenca, which are classified according to NEC-15 as essential structures, accordingly, some seismic events are described in each study province, where the most significant disasters have left both material and human losses. The study begins with the collection of information from the different hospitals, obtaining data on the building, construction data, soil type, geological risks, structure typology, irregularities, danger of exterior falls, among other important parameters. Similarly, for the evaluation of these essential structures, the seismicity level was determined based on the seismic hazard curves established in NEC-15. Once these data were obtained, rapid visual evaluations were carried out with the objective of detailing each of the faults that were present both in the internal and external areas of the structure. Through the forms, results were obtained from which a series of recommendations were defined to reduce the seismic vulnerability that the structures present, either due to architectural and constructive conditions or due to damages that have been occurring over the years, all based on the average level of vulnerability of each structure. Likewise, through an analysis based on FEMA E-74, several suggestions are presented to reduce the risks in non-structural elements, which could affect the well-being of the occupants in a seismic event.

Key words: essential structures, seismic vulnerability, structural risks, non-structural risks, content.

Capítulo I

Generalidades

Introducción

Ecuador es un país con una actividad sísmica alta debido a que se encuentra situado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, zona de riesgos que se asocian a esta característica geológica, lo que ha generado pérdidas económicas y humanas. Al ser un riesgo difícil de predecir, se debe desarrollar futuros proyectos que ayuden a reducir los efectos negativos en la sociedad, enfocándonos en estructuras de ocupación esencial que son de suma importancia después de un evento sísmico.

Los eventos sísmicos generan pérdidas tanto económicas como humanas alrededor del mundo, por tal motivo se debe considerar “medidas encaminadas básicamente a las actividades de prevención, para evitar que las futuras edificaciones colapsen o sufran daños severos durante un posible sismo y evaluar la vulnerabilidad de las estructuras existentes y conocer el riesgo real de una población” (Chávez Ordóñez, 2016).

En la actualidad en distintas ciudades contamos con edificaciones existentes que, a causa de su tipo de sistema resistente frente a fuerzas sísmicas, materiales y principalmente por los años en que fueron construidas en los cuales no se contaban con normativas de construcción lo suficientemente avanzadas, deben ser sometidas a un análisis de vulnerabilidad sísmica (Paredes Valle & Pachar Romero, 2019).

A lo largo de los años se han ido desarrollando distintas metodologías de evaluación de vulnerabilidad sísmica, por la necesidad de tener información óptima de cualquier tipo de edificación después de un sismo, por tal razón estas metodologías se deben adaptar a la zona donde ocurrió el desastre y estar relacionado de forma directa con el nivel de actividad sísmica que presente el lugar.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el desempeño sísmico de cuatro estructuras de ocupación esencial en distintas partes del país, realizando un estudio meticuloso de los factores más importantes que involucran al análisis estructural a partir de normas tanto nacionales como internacionales con el fin de proponer recomendaciones para disminuir la vulnerabilidad en las edificaciones estudiadas garantizando la vida y seguridad de los ocupantes.

Antecedentes

En Ecuador se ha registrado 37 terremotos destructivos entre los años 1541 hasta 1999, fueron varios sismos severos con magnitud de gran alcance, como en la costa y sierra ecuatoriana, en la zona oriental los daños han sido moderados; esto conlleva a que varias provincias del país han sufrido afectaciones, ya que la sismicidad es diferente de acuerdo a las características geológicas y tectónicas de cada región, las mismas que dependen de varios factores, como la estructura y composición del subsuelo, las fallas tectónicas activas del lugar, entre otras (Rivadeneira y otros, 2007).

La provincia de Esmeraldas y Manabí se destacan por los terremotos de altas magnitudes en la escala de Richter, los cuales han dejado en evidencia las fallas de diseño sismo-resistentes del Código Ecuatoriano de la construcción de 1977.

En el 2016, ocurrió un sismo muy severo de magnitud Mw de 7,8 grados, que destruyó la infraestructura de casi toda la provincia de Manabí y parte de la provincia de Esmeraldas, inclusive en la ciudad Guayaquil (a 350 Km de distancia epicentral), colapsó un viaducto (Moncayo Theurer y otros, 2017).

El comportamiento estructural de edificaciones esenciales, de ocupación especial y de otras estructuras se han visto afectadas debido al movimiento de la tierra, el cual provocó un daño a las construcciones y quedaron fuera de operación al evaluarlas de acuerdo con las normativas existentes.

Planteamiento del problema

En la actualidad países como Estados Unidos, Japón e Indonesia, se han desarrollado procesos para medir la vulnerabilidad en edificaciones con diferentes metodologías, por lo tanto, se cuentan con gran información sobre este tipo de estudios; sin embargo, esto no envuelve las características del entorno de la construcción en Latinoamérica, debido a que varios países se encuentran en una zona de alta peligrosidad sísmica.

La ubicación del Ecuador se coloca dentro del denominado “Cinturón de Fuego del Pacífico”, por lo que su actividad sísmica es alta, históricamente se tiene registrados eventos tales como el de 1906 en Esmeraldas, que alcanzó con una magnitud de Mw 8,8, siendo uno de los “sismos más grandes de la historia”, también se toma en cuenta el sismo de Bahía de Caráquez en agosto de 1997 con una magnitud de Mw 7,1 y el más reciente el 16 de abril del 2016 en Pedernales con una magnitud de Mw 7,8, en el que se pudo evidenciar un notable déficit en el diseño sismorresistente en el Ecuador. Si bien es cierto no ha existido una serie de eventos catastróficos continuos, lo que ha provocado una irregularidad técnica en la industria de la construcción, del mismo modo que genera una despreocupación a la problemática (Cevallos Pilco, 2018).

Los daños ocasionados por desastres naturales en países de vías de desarrollo representan un elevado costo, según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), detalla que este impacto ocasiona la pérdida en el Producto Interno Bruto (PBI), lo que conlleva a que supere el costo en 20 veces lo que experimentaría un país industrializado. Actualmente, a 6 años del sismo de Pedernales, aún se encuentran en la reconstrucción de varias viviendas con el apoyo del estado, varios sectores se han logrado reconstruir, según el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), proyecto de donación de un crédito chino para viviendas, se estima que se necesitan 1734 unidades para las familias que fueron afectas por el sismo y también personas que requieren de una vivienda, la construcción de viviendas para los perjudicados aún sigue siendo una deuda pendiente en Pedernales (Zambrano, 2022).

Las estructuras diseñadas para una ocupación como: centros de salud, clínicas y hospitales, se otorga la connotación de “Estructuras Esenciales”, debido a la funcionalidad e importancia diaria, frente a cualquier situación, ya sean que se presenten emergencias: médicas, naturales o sanitarias, se convierte en un establecimiento de funcionalidad continua. Es por ello por lo que, si un hospital colapsa antes, durante o después de cualquier tipo de emergencia, se convierte en el impedimento fundamental en el desarrollo de la situación. En el sismo de Pedernales, se connotó varias fallencias en los hospitales de la zona, según el “Informe del Equipo de reconocimientos de Terremotos EERI”, se presentaron daños en elementos estructurales y no estructurales, dejando así a las estructuras funcionando parcialmente y en otros casos las colapsaron, en el mismo informe se recomienda que los hospitales en otros lugares del país necesitan una evaluación inmediata debido al gran número de hospitales afectados (Lanning y otros, 2016).

El plantear el análisis de vulnerabilidad sísmica de estructuras tiene el fin de dar a exponer una aproximación del posible daño y funcionalidad de la estructura, también establece como el grado de pérdida de elementos estructurales o no estructurales en un evento sísmico, a fin de ser la primera aproximación de una serie de fases en el análisis del riesgo sísmico, siendo este un estudio completo de la edificación contemplando el peligro y exposición sísmicos. Este reporte final permite a la vez identificar áreas o bloques que requieren de una mayor atención, el reporte se lo puede discutir con consultores y/o autoridades de la instalación, a fin de que se encarguen de las estructuras como entidades gubernamentales o a su vez privadas, con el propósito de que se lleve a cabo una mejora en las instalaciones.

En varios países de Latinoamérica las normas de diseño sismorresistente no son correctamente empleadas o directamente no se aplican, al igual que no se considera un diseño destinado a “Estructuras Esenciales”, es por ello cuando ocurre una eventualidad sísmica dentro de las estructuras afectadas se encuentran hospitales, a fin de alcanzar una concientización del diseño basado en el desempeño, se realiza estudios de vulnerabilidad.

En el Ecuador actualmente no se encuentra una normativa específica para edificaciones que se encuentren destinadas a funcionar como centros de salud, clínicas y hospitales, por consiguiente, el primer paso para cambiar y sensibilizar en este aspecto es realizando estudios de vulnerabilidad que evidencien el estado y el desempeño de las edificaciones antes mencionadas.

Justificación e Importancia

De acuerdo con lo que establece la Norma Ecuatoriana de la Construcción - NEC-15, los hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria, son considerados como estructuras esenciales, las cuales, deben ser capaces de permanecer operativas después de la ocurrencia de un terremoto, de modo que puedan atender emergencias (MIDUVI & CAMICOM, 2016).

Por lo antes mencionado, este tipo de construcciones se encuentran en la categoría estructural más importante y es por ello, que su diseño debe ser el más exigente, de modo que el nivel de desempeño sísmico que alcancen sea el adecuado. A pesar de su importancia, muchos de los hospitales existentes en Ecuador no se encuentran exentos de efectos adversos ante eventos poco frecuentes, pero con consecuencias devastadoras como son los sismos o terremotos.

Los terremotos son una amenaza grave para la seguridad de los hospitales y representan una responsabilidad potencialmente significativa para sus administradores y las organizaciones de atención médica. Edificios existentes inseguros exponen a las organizaciones de salud a los siguientes riesgos: muerte y lesiones de pacientes, doctores, enfermeras, y personal; daño o colapso de edificaciones; daños y pérdidas de muebles, suministros, equipos y otros contenidos del edificio; interrupción de la atención a los pacientes y otras operaciones del hospital; pérdida de un recurso comunitario indispensable. (FEMA, 2003)

El riesgo sísmico es el producto de la exposición al peligro y la vulnerabilidad del edificio. Para gestionar el riesgo sísmico en los edificios hospitalarios existentes, se debe comprender el peligro sísmico y reducir la vulnerabilidad de la construcción. (FEMA, 2003).

Por ello es fundamental llevar a cabo evaluaciones del grado de vulnerabilidad sísmica en hospitales, tanto en la parte estructural como no estructural, que permitan determinar posibles falencias. De igual forma se debe constatar el estado del contenido de las edificaciones, ya que ante la ocurrencia de eventos sísmicos se puede ver ampliamente afectado.

Al conocer el grado de vulnerabilidad sísmica se puede generar recomendaciones objetivas, para la elaboración de planes de acción que permitan reducir este grado de debilidad, y conseguir en el mejor de los casos, estructuras que puedan ser ocupadas inmediatamente después de la ocurrencia de algún evento sísmico.

Mediante el desarrollo, el conocimiento y la aplicación de estos planes se puede conseguir una serie de beneficios principalmente sociales, al ser las comunidades, los usuarios y beneficiarios directos de los hospitales y además se podría obtener un beneficio financiero al evitar posibles pérdidas económicas.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el grado de vulnerabilidad sísmica en los hospitales navales y generales de Guayaquil, Cuenca y Esmeraldas, para formular recomendaciones que permitan elaborar planes de acción que reduzcan posibles daños de tipo estructural, no estructural y de contenido, en base a normativa nacional e internacional.

Objetivos específicos

- Realizar inspecciones visuales rápidas en las estructuras seleccionadas para determinar la vulnerabilidad sísmica que presentan, además de las características esenciales de las construcciones.
- Analizar los resultados alcanzados en la parte experimental para determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de las estructuras en estudio.
- Obtener recomendaciones técnicas que permitan elaborar planes de acción encaminados a la reducción de la vulnerabilidad sísmica.

Descripción de contenido.

Capítulo I

Generalidades. Se realiza una breve descripción e historia de los daños por los sismos ocurridos en el Ecuador y en las provincias de estudio, con justificación de la importancia de evaluar la vulnerabilidad de las estructuras ante un fenómeno natural.

Capítulo II

Marco Teórico. En este apartado se expone todo el sustento teórico necesario para el correcto desarrollo del proyecto, se citan distintos materiales bibliográficos de los que sirvieron de apoyo, así mismo, normativas que se han aplicado para el debido análisis de las estructuras estudiadas con el fin de compilar datos necesarios para un adecuado desarrollo de los distintos análisis que proponen las normativas.

Capítulo III

Marco Metodológico. Esta sección describe los grupos de pasos y sus debidos procedimientos que proponen las normativas para el análisis de las edificaciones una vez que se hallé en campo, de igual forma protocolos que se deban seguir para el preciso análisis de datos en base a los formularios con el propósito de que estos sean confiables y se puedan sustentar con lo visualizado en campo.

Capítulo IV

Resultados. Se procede a la descripción detallada de las edificaciones como son las generalidades, su ubicación, tipo de uso, tipo de suelo, nivel de sismicidad de la zona de estudio, posibles riegos exteriores e interiores en la parte estructural y no estructural, irregularidades en planta y elevación, al igual que los resultados de los puntajes de los formularios nivel 1 y nivel 2 de la normativa NEC-15 de acuerdo con lo que se detalla en la Guía 5, con ayuda de la noma FEMA P-154.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones. Esta sección presenta las conclusiones dando un breve resumen de los principales puntos abordados en el trabajo de investigación y las recomendaciones que aportan la continuidad del estudio, con el cumplimiento de los objetivos planteados, de tal modo que se recabó información referente a las 4 Unidades Militares Hospitalarias y el análisis de vulnerabilidad de cada estructura.

Definición de variables

Independientes

- Peligro Sísmico
- Tipo de Suelo
- Ubicación de la Estructura (Geología)
- Tipología de la Estructura
- Geometría de la Estructura

Dependientes

- Nivel de desempeño sísmico
- Grado de afectación de otras amenazas
- Plan de Contingencia

Capítulo 2

Marco Teórico

Riesgo Sísmico

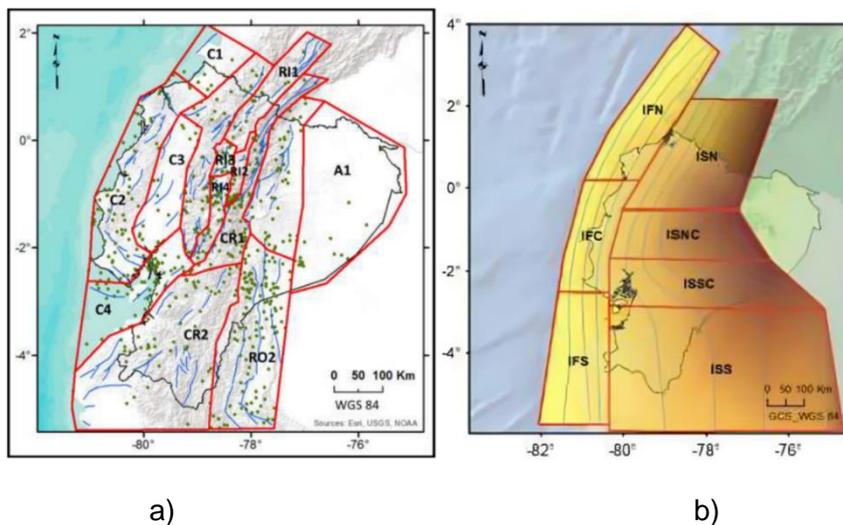
El riesgo sísmico es la conglomeración de 3 ramas importantes que describen el comportamiento de la estructura ante eventualidades sísmicas, en la estimación de daño y pérdidas. Se descompone las 3 ramas en: peligrosidad que describe el movimiento sísmico del suelo considerando sismos futuros, vulnerabilidad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

El centro de las actividades sísmicas en la región del Ecuador se debe a la intersección de dos placas tectónicas, la placa de Nazca y la placa Sudamericana, el producto de esta intersección se crea dos tipos de fuentes sísmicas: subducción (interplaca e intraplaca) y corticales (superficiales). Lo que se produce en estas fuentes es la acumulación y liberación de energía, sin tener en cuenta lo que ocurre en otras fuentes, al liberar la energía es lo que se produce las eventualidades sísmicas, lo cual en el Ecuador se puede presentar varios sismos como: sismos interplaca corresponden a los que se produce a una profundidad menor que 40 km, sismos intraplaca corresponden a los que se producen a una profundidad entre 40 a 300 km, estos dos sismos se producen por el deslizamiento entre la placa de Nazca por debajo de la placa Sudamericana y sismos corticales producidos a una profundidad menor a 40 km, se producen superficialmente dentro de la placa Sudamericana (Quinde Martínez & Reinoso Angulo, 2016).

La alta peligrosidad en zonas del Ecuador se ve afectado también por el mal ordenamiento territorial, se presentan ciudades construidas en fallas activas de la corteza terrestre que cruza desde el golfo de Guayaquil hasta los Andes, como Quito o Riobamba y los de subducción como: Salinas, Manta y Esmeraldas.

Figura 1

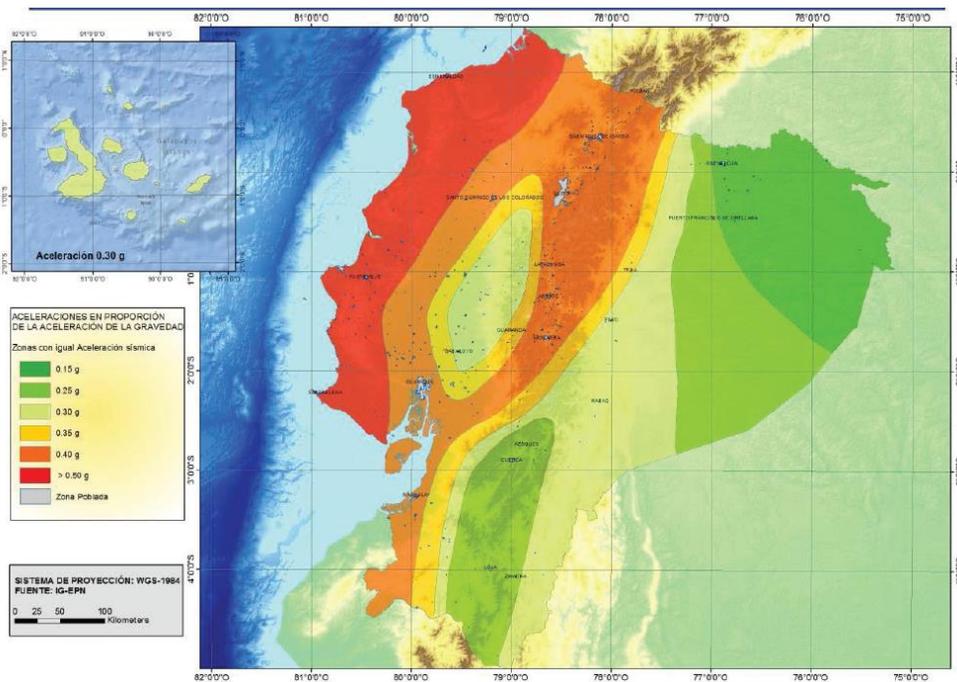
Zonas Fuentes



Nota. a) Corticales; b) Interplaca e Intraplaca (Parra Cárdenas, 2016)

Figura 2

Mapa de peligro sísmico para zona de estudio



Nota. Tomado de *NEC-SE-DS* (MIDUVI & CAMICOM, 2016)

Peligrosidad sísmica en Esmeraldas

La ciudad de Esmeraldas es muy vulnerable ante sismos y terremotos, debido a sus condiciones geológicas, de ubicación y a un sistema de fallas locales activas, esto lo demuestran los fuertes eventos sísmicos que se han presentado a lo largo de la historia, considerados como los de mayor intensidad en el Ecuador y en el mundo entero, los mismos que han ocasionado graves afectaciones.

Los terremotos pueden ser medidos por su magnitud, intensidad macrosísmica y aceleración (PGA, Peak Ground Accelaration). El mapa de zonación sísmica del Ecuador NEC-11 y NEC-15 es confrontable con el mapa sismo-tectónico de la costa norte del Ecuador, preparado en el Estudio de microzonificación sísmica y geotécnica de la ciudad de Esmeraldas según la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015, ambas clasifican a la provincia de Esmeraldas como una zona de altos niveles de sismicidad, con valores de aceleración entre los 0,45 y 0,55 g (gravedad).

(GEOESTUDIOS S.A. y otros, 2017)

Ecuador se encuentra en el cinturón de fuego del Pacífico, dentro de la zona tectónica interfase de subducción de la placa oceánica de Nazca y la placa Sudamericana en una longitud de 576 km, en la cual se definen, tres segmentos sismogénicos, uno de ellos es la costa norte de la Provincia de Esmeraldas.

En este segmento de estructura sísmica, el 31 de enero de 1906 frente a la costa de Esmeraldas (Ecuador) y Tumaco (sur de Colombia) se reportó el sexto terremoto más fuerte del planeta, con magnitud Mw 8,8. Posteriores terremotos catastróficos acontecieron en 1958 (Mw 7,6) y 1979 (Mw 7,7; USGS). En la zona sur de Esmeraldas, es bien distinguida la delineación de la fractura Galera, es así como las distribuciones espaciales de las réplicas de sismos del terremoto de Pedernales (2016, Mw 7,8) culminan en esta área sísmica. (GEOESTUDIOS S.A. y otros, 2017)

Sistema de Fallas en Esmeraldas.

Los sismos históricos generados por fallas que han tenido una magnitud moderada no son registrados con la rigurosidad necesaria, por ello en el área de Esmeraldas se tiene poca documentación de sismos corticales, su magnitud, profundidad y la falla que lo generó.

A pesar de ello se conocen los siguientes registros de sismos corticales, de acuerdo con Geoestudios S.A., Chuga y Pozo (2017):

- 9 de abril de 1976. Mw 6,7; profundidad 9 km.
- 2 de enero de 1981. Mw 5,9. (Causado por una potencial falla de cizalla).
- 25 de junio de 1989. Mw 6,3.
- 19 de diciembre de 2016. Mw 5,4; MI 5,8; profundidad de 4 a 6 km. (Causado por una potencial falla de tipo inverso).
- 31 de enero de 2017. Mw 5,5; MI 5,7; profundidad 9 km. (Asociado a la activación de la falla Atacames).

El reciente terremoto de Pedernales (Mw 7,8) acaecido el 16 de abril de 2016 ha proporcionado una gran cantidad de información sismológica que indica la reactivación de menores fallas capaces en el continente, en particular en la provincia de Esmeraldas. La proyección espacial de los sismos (IGEPN) y los mecanismos focales (USGS) han permitido clasificar la tendencia estructural y los tipos de las fallas capaces de generar sismos en el orden de $6,0 \leq Mw \leq 7,3$. La ciudad de Esmeraldas, ha presentado una mayor actividad sísmica de por lo menos ocho fallas superficiales. Estas fallas corticales tienen dominio tectónico de campos de esfuerzos inversos con componentes de cizallas, y otras netamente de cizallas sinistralas y dextrales (GEOESTUDIOS S.A. y otros, 2017).

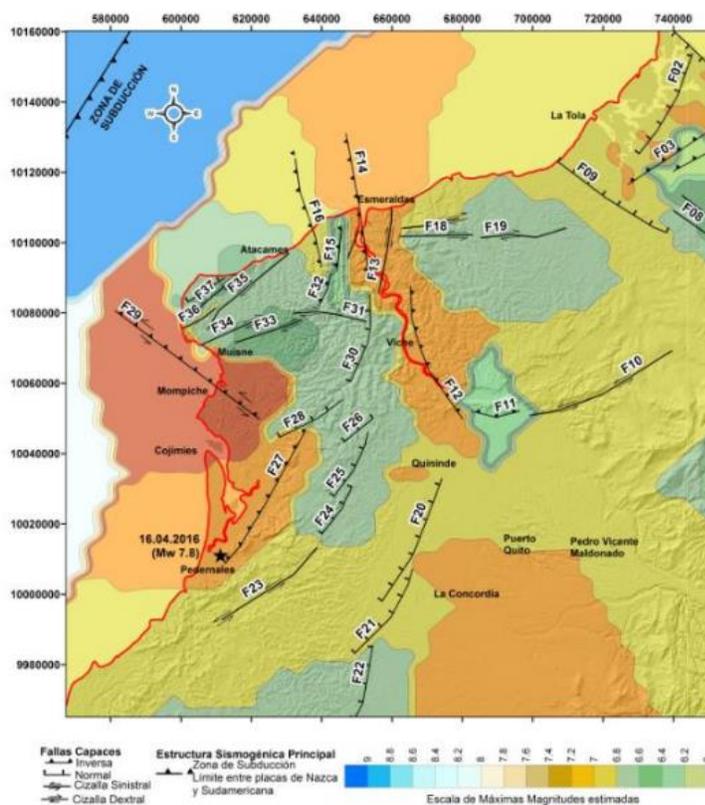
En el Estudio de Microzonificación Sísmica y Geotécnica de la Ciudad de Esmeraldas Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 se realiza un análisis de fallas geológicas estimando máximas Mw y PGA en roca, para ello consideran 38 fallas con un potencial sísmico considerable, capaz de deformar la superficie del terreno y generar futuros eventos sísmicos moderados y altos.

De acuerdo con Geoestudios S.A., Chuga y Pozo (2017):

Estas 38 fallas capaces seleccionadas en este estudio, podrían generar terremotos en el orden de magnitudes comprendido desde 6,0 hasta 7,3; a excepción del segmento norte de la zona de subducción localizada a 53 y 121 km de distancia desde la costa de la provincia de Esmeraldas, la cual puede generar un potencial terremoto en el orden de 9,0 grados de magnitud y $PGA \geq 0,50$ g. La falla FC14 conocida como Falla de Esmeraldas de tipo inversa con componente de cizalla sinistral es la más cercana a la ciudad de Esmeraldas (1 km), en efecto el área urbana más desarrollada se encuentra en la zona de bloque colgante (ie., hangingwall). Esta falla podría generar sismos en el orden de M 7,18 y PGA en roca de 0.41g. Otras fallas de magnitudes similares son referidas a FC03, FC12 y FC27. La falla galera FC29 puede alcanzar la máxima M 7,33 y PGA 0,42; calculada desde la aplicación de Wesnousky (2008). La distancia entre la ciudad de Esmeraldas y estas potenciales fallas están en el orden de los 25 a 77 km. Fallas de menores magnitudes $6,1 \leq M \leq 6,9$ son localizadas a menos de 10 km de la ciudad de Esmeraldas, las cuales también son consideradas por su cercanía y potencial de daño al área urbana, aquí los PGA estén entre los 0,27 g y 0,38g. La estimación de un terremoto cortical (desde falla capaz) con $M \geq 8,0$ queda descartada para la costa norte del Ecuador. (p.30)

Figura 3

Estimación de máximas magnitudes probables obtenidas desde análisis de fallas capaces empleando el método de ecuaciones propuestas por Wesnousky (2008).



Nota. Tomado de Estudio de Microzonificación Sísmica y Geotécnica de la Ciudad de Esmeraldas Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015, (p. 31), (GEOESTUDIOS S.A. y otros, 2017).

Peligrosidad sísmica en Guayaquil

La ciudad de Guayaquil está ubicada en la región costa ecuatoriana, a una distancia de 70 Km aproximadamente del océano Pacífico, la cual se ve afectada directamente por los fenómenos de subducción causados por las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana (Tacuri Ordoñez, 2019).

El sismo que ha tenido mayor medida en la ciudad de Guayaquil fue producido en 1942 ($M_s = 7,9$), en donde hubo un colapso de edificaciones comerciales. En esta zona las fallas de la corteza terrestre conforman una fuente sísmica genética, en la cual se han registrado sismos con magnitudes M_s de hasta 6,8 grados y epicentros distantes 120 km o menos (como el sismo de 1980 de $M_s 6,1$). Las afectaciones no han sido de mayor intensidad para edificaciones de menor calidad o sísmicamente vulnerables (Argudo & Yela, 1995).

Es importante evaluar el estado de vulnerabilidad en edificaciones esenciales como son los hospitales, conociendo que la NEC-15 registra que el Ecuador es una zona de alto riesgo sísmico, por ende, Guayaquil se encuentra en la zona V, se encuentra clasificado por peligrosidad sísmica ALTA y con un valor de $Z = 0,40$.

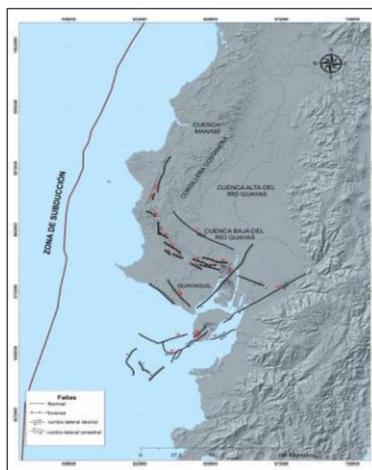
Fallas activas en Guayaquil

Las fallas corticales se identificaron mediante un estudio geológico en un alineamiento en dos direcciones de NE-SO y NO-SE, de las cuales existen 21 fallas geológicas activas y capaces de generar sismos en sentido NE-SO.

Estas fallas estructuralmente segmentadas son: (1) falla Carrizal, conformada por seis segmentos, (2) falla Cascol, (3) falla Chanduy, (4) falla Churute, (5) falla Colonche, conformada por siete segmentos, (6) falla Domito, (7) falla Esperanza, (8) falla Estero Salado, caracterizada por ser la más larga alcanzando los 98.79 Km, (9) falla Golfo de Guayaquil, (10) falla Jambelí, (11) falla Jipijapa, conformada por dos segmentos, (12) falla La Cruz, conformada por cuatro segmentos, (13) falla Las Delicias, (14) falla Pallatanga, (15) falla Posorja, (16) falla Puná, (17) falla Punta Salinas, (18) falla San Jacinto, conformada por tres segmentos, (19) falla Santa Clara, conformada por dos segmentos, (20) falla Tenguel, y (21) falla Zambapala – Lechuza, conformada por seis segmentos. Estos segmentos se los conoce también como sistema de fallas segmentadas. (GEOESTUDIOS & Vera Granauer, 2011)

Figura 4

Mapa de Fallas Activas en la provincia del Guayas



Nota. Tomado de *Estudio de Microzonificación Sísmica y Geotécnica de la Ciudad de Guayaquil Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011*, (p.46), (GEOESTUDIOS & Vera Granauer, 2011).

Peligrosidad sísmica en Cuenca

La ciudad de Cuenca no ha sufrido sismos destructores en los últimos cien años, la sismicidad histórica recogida en el catálogo elaborado por la Red Sísmica del Austro, RSA, da cuenta de la ocurrencia de sismos importantes en 1758, en febrero de 1856, 29 de junio de 1887 y 23 de febrero de 1913. Consideración especial amerita el evento de 1887 (Jiménez Pacheco y otros, 2018).

Dentro de la ciudad de Cuenca el cantón Girón es una zona de alta vulnerabilidad ante la presencia de movimientos sísmicos, el último sismo de gran magnitud que se ha registrado es en 1913 con una magnitud de 6,7 grados en la escala de Richter que se atribuye directamente a la falla del Girón, causando diversos daños materiales y pérdidas humanas en la zona. De igual manera en los años 1904 y 1907 se generaron sismos de 7 y 6,5 grados respectivamente en la zona Austral, donde la falla del Girón influye directamente en zonas como Loja, Cuenca y Macas (Ávila Cabrera, 2020).

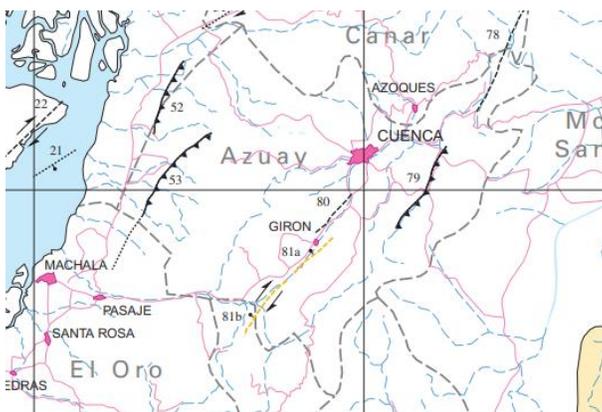
La norma Ecuatoriana de la Construcción, en el capítulo de “Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente” (NEC, 15) ubica al territorio nacional de acuerdo con zonas sísmicas en función del estudio de peligro sísmico para un evento que tiene probabilidad del 10% de ser excedido en 50 años (periodo de retorno de 475 años). Por tal motivo Cuenca se encuentra en una zona sísmica II con un factor Z de 0,25 caracterizando una zona con alta peligrosidad sísmica, en consecuencia cuenta con algunas fallas regionales, pero una de las más importantes y es considerada una principal amenaza es la “Falla del Girón”, a esta se le asocia directamente con el Terremoto de consideración en el sur del país, el 23 de febrero de 1913, en la cual se evidencio el colapso de algunas edificaciones en las provincias de Loja, El Oro y Azuay (Arteaga Mora, 2016).

Fallas locales en Cuenca

Dentro de Ecuador se cuenta con varios tipos de fallas tectónicas que se clasifican en: falla normal, falla de rumbo dextral, falla inversa o corrimiento y falla de rumbo siniestral. En el caso de la provincial del Azuay y su ubicación geográfica presenta distintas fallas tectónicas, las cuales se observa en la Figura 4 y se describe en la Tabla 1.

Figura 5

Mapa de Fallas y Pliegues Cuaternarias de Ecuador y Regiones Oceánicas Adyacentes



Nota. Tomado de Mapa de Fallas y Pliegues Cuaternarias de Ecuador y Regiones Oceánicas Adyacentes, por (U.S. Geological Survey & Escuela Politécnica Nacional, 2003).

Tabla 1*Fallas y pliegues cuaternarios de la provincia del Azuay*

Número	Nombre de la falla	Sentido de movimiento	Edad del último movimiento	Tasa de movimiento (mm/año)
EC – 53	Ponce Enríquez	Falla inversa	< 1,6 Ma	< 1
EC – 79	Gualaceo	Falla inversa	< 1,6 Ma	< 1
EC – 80	Tarqui	Desconocida	< 1,6 Ma	< 1
EC – 81		Girón		
EC – 81a	Sección Noreste	Falla normal	< 1,5 Ka	< 1
EC – 81b	Sección Suroeste	Falla normal, dextral	< 1,5 Ka	< 1

Nota. Recuperado de (U.S. Geological Survey & Escuela Politécnica Nacional, 2003).

Sistema de Fallas Girón

Este sistema está conformado por pliegues cerrados, fallas inversas y cabalgamientos con rumbo N-NE a N-S. En distintas zonas esta falla tiene una pronunciada convergencia hacia el NO y un carácter inverso. Los movimientos principales de la Falla Girón pueden datarse en forma precisa porque esta trunca pliegues relacionados con cabalgamientos con una fuerte discordancia angular. La falla geológica se extiende por 200 km desde la provincia de Chimborazo y pasa por los cantones de Cuenca y Girón, esta se une con el sistema de fallas Jubones hacia el sur con rumbo E-O (Ávila Cabrera, 2020).

La falla del Girón cuenta con la característica de influir en la generación de eventos sísmicos en la región Austral, y por lo tanto en la deformación de las formaciones litológicas, por tal motivo van a existir superficies con discontinuidad en distintas zonas, observándose que la gran parte de movimientos de tierra inciden en dirección NO y SE, perpendicular a la dirección de la falla Girón, esto se da por la existencia de una superficie discontinua en su misma dirección (Ávila Cabrera, 2020).

Vulnerabilidad Estructural

Particularmente definiendo el caso de un fenómeno sísmico, la vulnerabilidad estructural o grupo de estructuras, se conceptualiza como el grado de daño ocurrido por el movimiento del terreno, es una de las características propias de cada estructura ya que cada tipo de estructuras tiene su propia función de vulnerabilidad lo que le convierte en una característica intrínseca, se describe grafica o matemáticamente el grado de vulnerabilidad para diferentes tipos de intensidades, cada estructura es susceptible a un fenómeno sísmico, es de ahí donde se parte un análisis de vulnerabilidad.

El análisis de vulnerabilidad no solo es la parte importante del análisis del riesgo sísmico, sino que da a conocer la exposición de la estructura a posibles daños estructurales y no estructurales siendo la calve para establecer planes de mitigación de desastres, ya que al conocer anticipadamente las condiciones de la estructura se puede determinar las medidas necesarias para su mitigación, obteniendo un análisis de costo vs beneficio, en el cual se evidencia el costo del reforzamiento estructural contra el costo de la reconstrucción después del evento sísmico.

Evaluación de Vulnerabilidad

Hay diferentes métodos para la evaluación de vulnerabilidad de una estructura, tanto complejos como simples, los cuales se basan en metodologías para cuantificar y cualificar el riesgo que pudiesen sufrir los edificios que se pretende analizar (Fajardo Cartuche y otros, 2021).

- **Métodos experimentales:** Se pretende la identificación estructural mediante sus propiedades mecánicas y dinámicas, con equipos de medición (vibración ambiental, vibración libre), pruebas ejecutadas, resultados por medio de registros obtenidos y su análisis.

- Métodos analíticos: Se analiza teóricamente la capacidad de respuesta de una estructura a los movimientos de la superficie en dos tipos: lineal y no lineal, mediante procesos numéricos y computacionales, basados en teorías clásicas de elasticidad, plasticidad, agrietamiento y daño.
- Métodos empíricos: Se basan en los daños observados por terremotos, lo cual permite hacer una evaluación e inspecciones visuales, de forma rápida y precisa, por el hecho de tener información limitada de la edificación, de modo que existen dos métodos principales que son:
 - Métodos de caracterización o por clase de vulnerabilidad: Clasifica a la estructura por su tipología mediante grupos de vulnerabilidad y el desempeño sísmico durante terremotos característicos.
 - Métodos de inspección y puntaje o índice de vulnerabilidad: Identifica y evalúa las principales fallas de una estructura hasta llegar a determinar el grado de vulnerabilidad que posee.
 - Métodos híbridos: Es la unión de los métodos antes mencionados y se aplican para lograr resultados de vulnerabilidad confiables al instante de correlacionar las características físicas con los modelos empíricos, los métodos híbridos más utilizados para la evaluación de vulnerabilidad y que presentan mejores resultados son: FEMA 157, FEMA 310, entre otras.

La metodología que se aplica en el siguiente proyecto se basa en la inspección y puntaje de vulnerabilidad, de modo que se considera la forma cualitativa en las edificaciones en estudio, teniendo en cuenta las circunstancias que se interponen como el tiempo, recursos, información disponible y cantidad de estructuras a evaluar.

Grupos de Vulnerabilidad

En el presente trabajo se cuenta con tres grupos de vulnerabilidad los cuales son cuantificados y en base a la normativa vigente.

- **GV1:** Se especifica aspectos importantes de la edificación como: tipo de suelo, tipo de edificio según la FEMA, número de pisos.
- **GV2:** Análisis de vulnerabilidad de elementos estructurales de la edificación tanto como vigas, columnas y losas, irregularidades en elevación y en planta.
- **GV3:** Análisis de vulnerabilidad de elementos no estructurales como: estado de conservación de cubiertas, condiciones de puertas de emergencia, ventanas, entre otros.

Cada uno de estos puntos se van a profundizar al realizar el análisis de la edificación y considerando la respectiva metodología que se requiere emplear.

Normativas Aplicadas

Para desarrollar la evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica en los hospitales seleccionados se utilizarán metodologías establecidas en normativas nacionales e internacionales. Todos los estándares planteados deberán acoplarse a la situación de cada estructura, tomando en cuenta su ubicación, características, entre otros factores. Esto especialmente hablando de las normas internacionales, tomando en cuenta que las condiciones detalladas en muchas de ellas se alejan del panorama ecuatoriano.

Las normativas y sus recomendaciones son fundamentales para la elaboración de los planes de acción y contingencia, pues en ellas se recopilan experiencias, lecciones y soluciones que serán de gran utilidad para este trabajo.

Normativa FEMA P-154

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

Normativa FEMA 396

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

Normativa FEMA P-1000

En la guía FEMA P-1000 proporciona información para mejorar la seguridad en instituciones educativas como: escuelas, colegios y universidades, ante peligros naturales, el objetivo de la norma es orientar sobre: peligros naturales que podría afectar a la estructura, edificios más seguros para grupo de personas vulnerables, planificación y preparación durante un desastre natural, recuperación después del desastre natural, etc.

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

Normativa NEC-15

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

Normativa FEMA 577

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

Normativa FEMA E-74

El objetivo principal que busca alcanzar esta normativa es servir de guía para identificar las fuentes de daños no estructurales causados por terremotos y definir metodologías que permitan reducir los riesgos potenciales. En ella se definen los diferentes componentes no

estructurales como son: todos los sistemas arquitectónicos, mecánicos, eléctricos y de plomería, también se incluyen muebles, enseres, equipos y contenidos.

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

Normativa ASCE/SEI 41-17

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

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

Normativa ASCE/SEI 7-22

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

Capítulo 3

Marco Metodológico

Determinación de las zonas de estudio

En el presente proyecto se seleccionará 4 edificaciones de ocupación especial, hospitales ubicados en 3 ciudades claves para el desarrollo del país las cuales son: Guayaquil, Cuenca y Esmeraldas. Para la selección de estas será importante el interés de las entidades a las cuales pertenecen dichos inmobiliarios, los cuales pertenecen a “Las Fuerzas Armadas del Ecuador” (FFAA) de tal forma se requerirá permisos como la apertura y la disponibilidad, con el fin de llevar a cabo las actividades de observación y ensayos requeridos para el análisis de vulnerabilidad de estas.

Según lo descrito en la norma FEMA y NEC-15 la disponibilidad de información de las edificaciones se debe considerar un nivel de incertidumbre moderado como mínimo, con eso se da paso a la indagación de estudios previos que faciliten el análisis, con el fin de mejorar el análisis de vulnerabilidad apegándonos a la realidad de la estructura, generando un análisis de tiempos de reocupación ante un evento sísmico, buscando el diseño por desempeño.

Métodos NEC – 15 y FEMA P – 154

Ambas metodologías de evaluación de edificaciones con riesgo sísmico contemplan la evaluación visual rápida (RVS por sus siglas en inglés) método catalogado como cualitativo, se encuentra dividido por 2 niveles los cuales puntúan varias características que se pueden desarrollar realizando una inspección visual detallando los elementos estructurales y no estructurales, como resultado se puntúa cada estructura encasillándola en un nivel de vulnerabilidad ante un evento sísmico.

El escaneo visual desarrollado por la FEMA e implementado por la NEC, se basa en una “encuesta desde la acera”, lo cual se debe ver reflejado la identificación del sistema primario sismo resistente y el material con el cual fue construido la edificación, se parte de un puntaje básico según su tipología estructural, esta puntuación es ligada con la probabilidad de

colapso del edificio ante una eventualidad sísmica predeterminada según un intervalo de recurrencia planteado, y de esta puntuación se ve modificada por la presencia de algunas anomalías estructurales que se puedan observar en la inspección, el resultado puede detallar 2 escenarios, el primer escenario es que la puntuación sea aceptable y no presente un riesgo para la seguridad humana y el segundo escenario es que la puntuación refleje un pésimo diseño sismorresistente el cual sea peligroso para la seguridad humana que se enfoca ya en un análisis más detallado de la estructura.

Planificación de la Inspección Visual Rápida

Es importante tener un seguimiento de cómo se va a implementar en campo este programa de visualización rápida, por lo general se debe tener definido las instrucciones sobre como completar los formularios de recopilación de datos.

Alcance y objetivos de inspección

Llevar a cabo una investigación del lugar para su respectiva evaluación, esto implica la información necesaria como identificar los tipos de edificios, una recopilación de mapas de riesgo sísmico, tipo de suelo del sitio, mapas de deslizamiento de tierra, mapa de fallas, etc. Los edificios o bloques que serán de mayor elección son los más antiguos o los que se determinen de alto riesgo frente a un posible sismo (NEC-15, 2015).

Es importante tener en cuenta cómo se va a identificar las estructuras, mediante el nombre, dirección, número de edificación si tuviese, de igual manera se requiere verificar los planos arquitectónicos y/o estructural de las construcciones a evaluar antes de la visita de campo, para tener un reconocimiento previo de los edificios, así mismo, se debe obtener información del tipo de diseño, edad de las edificaciones, tamaño, tipo de sistema estructural e irregularidades (NEC-15, 2015).

Los parámetros del formulario deben ser llenados de acuerdo con la información solicitada: identificación del edificio, un boceto en planta y altura de la edificación, una fotografía, tipología del sistema estructural, tipo de suelo donde este cimentado, etc. Por medio

de lo expuesto anteriormente y otros indicadores que se nombraran más adelante, se consigue un puntaje final de la estructura, donde se evalúa si se requiere un estudio más detallado o no. Las edificaciones con mayores puntajes serán menos vulnerables frente a un evento sísmico (NEC-15, 2015).

Formularios

Existen 5 tipos de formularios que depende de cada región tanto para sismicidad baja, moderada, moderadamente alta, alta y muy alta, que difieren en los valores asignados a los puntajes básicos, moderadores de puntaje y en los criterios utilizados para evaluar (FEMA P-154, 2015).

Se plantea evaluar Nivel 1 donde se determine el tipo de edificio al identificar el material de construcción principal que soporta la carga por gravedad y el sistema principal de resistencia a la fuerza sísmica; e identificar los atributos de construcción que modifican el comportamiento sísmico esperado del respectivo tipo de construcción promedio (FEMA P-154, 2015).

El Nivel 2 se requiere determinar algunos de los parámetros establecidos en el nivel 1 y también se encuentra una sección limitada de evaluación no estructural, sobre peligros no estructurales comunes y luego emite un juicio sobre el desempeño sísmico no estructural estimado del edificio (FEMA P-154, 2015).

Capacitación de inspectores

Es fundamental la preparación de las personas que van a evaluar las estructuras, en conocimiento de diseño como en construcción de edificios, para obtener una recopilación de datos favorables mediante las visitas técnicas.

Para un mejor desempeño se deberá tener en cuenta algunos puntos como: el tipo de suelo, tipos de métodos estructurales, comportamiento de las estructuras frente a sismos, conocimiento de formulario, datos que se debe buscar en las visitas, y seguimiento de problemas que puede efectuar esta evaluación.

De acuerdo con la Guía 5 de la NEC-15 (2015):

Para la inspección visual en campo por lo menos se tendrá que obtener lo siguiente:

- Revisar la información de los planos de la edificación.
- Caminar, rodeando el edificio, recopilando detalles para realizar un boceto de la edificación de planta y elevación si es posible.
- Determinar el tipo de ocupación, edad del edificio, área construida, edad de remodelación y el tipo del suelo si no se ha determinado en los trabajos previos de planificación.
- Identificar el sistema estructural, esto se facilitará ingresando a la edificación (a los subsuelos si es el caso de un edificio).
- Mientras se visita el edificio se llena el formulario, para evitar olvidar algunos datos de este.
- Por último, verificando que todos, o la mayoría de los datos del formulario estén completos se toma una fotografía exterior (acceso principal) de la edificación y se prosigue con la siguiente. La calificación de la estructura se recomienda realizarlo después, en oficina (NEC-15, 2015).

Recopilación de información

La siguiente tabla contiene los parámetros a identificar de cada estructura esencial (hospital), donde detalla la información de acuerdo con la ubicación, código postal, sitio de referencia, tipo de uso, ocupación y sus coordenadas, es dispensable llenar esta referencia durante la etapa de planificación previa a la visita; para una mayor inspección se puede verificar la información de latitud y longitud con GPS cuando se esté en campo.

Tabla 2

Modelo de información para identificar cada estructura esencial Nivel 1

Referencia	Información
Dirección	
Código Postal	
Sitio de Referencia / Otros Identificadores	
Tipo de Uso	
Ocupación	
Coordenadas	
Latitud	Longitud

Nota. Esta tabla representa como una referencia de información del formulario nivel 1.

Se requiere recopilar más información de acuerdo con las características de los edificios en estudio de acuerdo con el número de bloques, año de construcción el cual está vinculado con las prácticas de diseño y construcción, ya que la edad puede ser un factor para determinar el tipo de edificación de la FEMA debido a esto el puntaje final puede afectarse.

El área total de construcción se refiere al área total de un piso multiplicado por el número total de pisos del edificio, esta información se puede verificar en los planos arquitectónicos si hubiese la facilidad de adquisición o con la medición en campo de longitud y ancho de cada bloque de estructura, si el valor es una estimación, se debe colocar "EST".

Las adiciones en los edificios representan la separación en partes de estos que pueden presentar diferentes sistemas estructurales y por ende distintas respuestas a las fuerzas laterales o partes de edificios con diferentes alturas totales o alturas de pisos, se los puede identificar mediante juntas que pueden o no estar visibles.

El número de pisos es un indicador que se relaciona con el daño que puede tener un edificio, por lo general se debe realizar un boceto para indicar si existe variaciones en el número de pisos para subsuelo como en la superficie.

Tabla 3*Modelo de características para identificar cada estructura esencial Nivel 1*

Referencia	Información
Número de Bloques	
Año de Construcción	
Código Año	
Área total de construcción (bloque) (m ²)	
Adiciones	
	Número de pisos
Sobre el suelo	
Bajo el suelo	

Nota. Esta tabla representa como una referencia de información y características del formulario nivel 1.

Geotecnia según la zona de estudio

Para llevar a cabo las inspecciones rápidas visuales de las estructuras militares seleccionadas se recopilará información existente sobre el tipo de suelo en el cual se encuentran, así como la existencia de riesgos geológicos en cada una de las zonas.

Para la clasificación del tipo de suelo, se tomarán en cuenta estudios realizados anteriormente, los cuales se basen en la clasificación establecida por la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 15, en la cual se detalla la presencia de 6 tipos diferentes de suelo, los cuales pueden ser tipo A – Roca Dura, B – Roca Débil, C – Suelo Denso, D – Suelo Duro, E – Suelo Blando y F – Suelo Pobre. Cada uno de ellos tiene diferentes características, se encuentran ordenados de manera jerarquizada de acuerdo con los beneficios para la implantación de estructuras y el comportamiento ante la ocurrencia de eventos sísmicos que presentan.

Adicionalmente se obtendrán datos sobre la posibilidad de la existencia de riesgos geológicos en las zonas detalladas como son: licuefacción, deslizamiento y ruptura de superficie por existencia de fallas geológicas.

Adyacencia

La interacción entre edificios adyacentes puede provocar varios tipos de daños durante los terremotos. Cuando no hay suficiente separación entre los edificios, pueden chocar entre sí al responder a las sacudidas del suelo. En algunos casos, una adición puede golpear contra el edificio original. Si se identifica cualquiera de estas condiciones, se activa una evaluación estructural detallada del edificio. Se proporciona espacios mínimos de separación entre edificios adyacentes (FEMA P-154, 2015).

Tabla 4

Espacios mínimos de separación entre edificios adyacentes

Sismicidad	Espacio mínimo (plg. por piso)	Espacio mínimo (cm por piso)
Muy alta	2	5,08
Alta	1 1/2	3,81
Moderadamente alta	1	2,54
Moderada y Baja	1/2	1,27

Nota. Esta tabla muestra el espacio mínimo entre edificios adyacentes de acuerdo con el tipo de sismicidad (FEMA P-154, 2015).

Tabla 5

Modelo para identificar la interacción entre edificios adyacentes Nivel 1

Condición	SI/NO	Comentario
Adyacencia		
Golpeteo		

Condición	SI/NO	Comentario
Riesgos de caídas desde un edificio adyacente más alto		

Nota. Esta tabla muestra la descripción de la Adyacencia en los edificios.

Otra preocupación potencial son los peligros de caídas de un edificio adyacente. Estos pueden ser chimeneas, parapetos, apéndices, tanques, o cualquier otro componente del edificio que, si se desprende, podría caer sobre el edificio que se está protegiendo o bloquear las principales vías de salida del edificio que se está protegiendo (FEMA P-154, 2015).

Riesgos de caídas exteriores

Chimeneas sin arriostramiento. Las chimeneas de mampostería sin refuerzo, ni arriostramiento son comunes en las viviendas antiguas de mampostería y estructura de madera, a menudo están ligadas de manera inadecuada a la estructura y pueden caer ante cualquier suceso o movimiento de la tierra, si desconoce que la chimenea está o no arriostrada, asuma que no lo está. (FEMA P-154, 2015).

Revestimiento pesado o enchapo pesado. Los elementos de revestimiento grandes y pesados, generalmente de hormigón prefabricado o piedra cortada, pueden caerse del edificio durante un terremoto si no se anclan correctamente, por consiguiente, las cubiertas de las columnas no se consideran revestimientos pesados. Para un enchapado pesado, puede que se haya utilizado ladrillos de espesor completo como material de fachada frente a la estructura de madera, en lugar del enchapado adherido, el cual puede provocar un daño a la estructura si llegase a derrumbarse. La existencia de revestimiento o enchapado pesados es motivo de preocupación si las conexiones se diseñaron e instalaron antes de que la jurisdicción adoptara los requisitos de anclaje sísmico (FEMA P-154, 2015).

Parapetos. Un parapeto es la porción de la pared exterior o fachada que se extiende por encima del techo, son construidos con mampostería no reforzada, como ladrillo, piedra o bloque de hormigón. En un terremoto, estos pueden romperse y caer sobre el techo o salir a la

calle, a veces es difícil saber si una fachada sobresale por encima de la línea del techo, formando un parapeto y, si hay un parapeto, a menudo es difícil saber si está arriostrado. Los parapetos a menudo existen en tres lados del edificio y su altura puede ser visible desde la parte posterior de la estructura. Si se desconoce si un parapeto de mampostería no reforzado está o no arriostrado, asuma que no lo está.

Apéndices. Los apéndices del edificio pueden caerse durante un terremoto si no están bien anclados. Dichos apéndices incluyen marquesinas y elementos arquitectónicos que agregan detalles e interés decorativo a la fachada. La preocupación es mayor con los elementos más grandes que representan un riesgo significativo de peligro de caída (FEMA P-154, 2015).

Otros. Si se observa un riesgo de caída que no corresponde en ninguna de las categorías anteriores, se debe proporcionar detalles adicionales. Por ejemplo, los equipos y componentes de techos altos y pesados cerca del perímetro del edificio, como el tanque elevado podrían considerarse un peligro de caída (FEMA P-154, 2015).

Tabla 6

Detallar los riesgos de caídas exteriores en los bloques de las estructuras esenciales

Condición	SI/NO	Comentario
Riesgos de caídas exteriores		
Chimeneas sin arriostramiento		
Revestimiento o enchapado pesados		
Parapetos		
Apéndices		
Otros		

Nota. La tabla proporciona una breve descripción de peligros exteriores estructurales y no estructurales para un edificio.

Determinación de irregularidades

Las edificaciones suelen presentar irregularidades ya sea por el diseño arquitectónico, funcionales, terreno o económicas. Lo más común en la industria de la construcción se presenta que el primer piso es más alto que los pisos subsiguientes, señala con más frecuencia en estructuras ocupación especial, irregularidades como las descritas anteriormente afectan negativamente el comportamiento de la estructura ante un evento sísmico ya que estas irregularidades pueden concentrar en ciertas zonas como elementos estructurales o pisos, provocando daños, fallas y en algunos casos colapsos.

Se describen 2 tipos de irregularidades en elevación y en planta; la irregularidad en elevación las normativas describe varias patologías que se puede presentar como: pendiente en sitio, Piso débil y/o blando, caídas, columna/Pilar corta, nivel dividido, entre otras, de igual forma la irregularidad en planta las normativas describen varias patologías que se pueden presentar como: torsión, sistema no paralelo, esquina reentrante, abertura de diafragma, vigas desalineadas en referencia a las columnas, entre otras.

Inspección de edificaciones

Para realizar la inspección de las edificaciones se debe considerar cada uno de los puntos que se mencionan en los formularios que se presentan tanto la FEMA como la NEC-15, por tal motivo al empezar con este proceso hay que detallar cada anomalía, peligro de caídas exteriores, peligro de adyacencia que puedan afectar a la edificación, deterioro que se visualice a simple vista tanto en elementos estructurales como no estructurales, con el fin de llenar cada punto del formulario y contar con resultados precisos que ayuden a interpretar y dar buenas recomendaciones.

Verificación de geometría

Para verificar la geometría de la estructura que se está evaluando se debe contar con instrumentos básicos como flexómetro, cinta métrica, incluso un medidor laser que ayude a tomar medidas en lugares con poca accesibilidad, de tal forma que se verifica en todos los

elementos ya sean estructurales o no estructurales que coincidan con las medidas que detallan los planos arquitectónicos de la edificación, con el fin de registrar modificaciones que se han venido dando con el pasar del tiempo o medidas que no coincidan con los planos y puedan provocar algún tipo de falencia en la estructura.

Búsqueda de Irregularidades

En función de la metodología que se empleará en el estudio de la estructura contempla realizar una inspección visual que ayude a identificar posibles irregularidades estructurales que afecten en el comportamiento sísmico de la edificación. Por tal motivo se procede a ser muy cauteloso al momento de inspeccionar la estructura ya que se debe registrar distintos errores y patologías que se pudieron dar en el proceso constructivo por falta de inspección, registrar irregularidades considerables en el diseño que se pueden verificar con los planos o daños que se han dado en el tiempo de ocupación de la estructura.

Identificación del contenido de la edificación

Para conocer el contenido de cada una de las edificaciones se tiene que ser detallista al identificar los elementos no estructurales ya que son parte de la edificación como los sistemas arquitectónicos, mecánicos, eléctricos, plomería, muebles y equipos médicos de acuerdo a lo que estipula la (FEMA E-74, 2012), en base a esta información se tomará en cuenta cada uno de los puntos mencionados para darle un análisis más a detalle y poder dar recomendaciones que ayuden a reducir la vulnerabilidad que puede ocasionar el contenido del edificio ante un posible movimiento sísmico.

Identificación del tipo de construcción

Para la identificación del tipo de construcción se debe tomar en cuenta dos características claves del comportamiento sísmico, estos son el material de construcción y el tipo de sistema de resistencia a la fuerza sísmica, por tal motivo se debe basar en la normativa FEMA que agrupa edificios con materiales similares y sistemas resistentes a fuerzas sísmicas, lo que facilita a la identificación rápida de las fortalezas y vulnerabilidades probables de un

edificio. Se debe considerar que, si un edificio es particularmente único, de modo que ninguno de los 17 tipos de edificios que menciona la FEMA es el indicado, este procedimiento no sería el adecuado para determinar si el edificio es potencialmente peligroso, de tal forma que se determinara una investigación especial para determinar si es sísmicamente peligroso.

Tanto la normativa FEMA y la NEC-15 que son similares al momento de evaluar una edificación, presentan formularios que facilita la identificación de los tipos de construcción, estos se definen en la siguiente tabla:

Tabla 7

Tipos de edificios de FEMA

Tipo	Fotografía	Descripción
W1		Viviendas unifamiliares o multifamiliares con estructura de madera clara
W1A		Edificios residenciales de varios pisos y unidades múltiples con estructura de madera clara con áreas planas en cada piso de más de 3,000 pies cuadrados
W2		Edificios comerciales e industriales con estructura de madera < 5,000 pies cuadrados

Tipo	Fotografía	Descripción
S1		Marco de acero resistente a momentos
S2		Marco de acero reforzado
S3		Marco de metal ligero
S4		Estructura de acero con muros de corte de hormigón colado in situ

Tipo	Fotografía	Descripción
S5		Estructura de acero con paredes de relleno de mampostería no reforzada
C1		Pórtico resistente a momentos de hormigón
C2		Muro de corte de hormigón
C3		Estructura de hormigón con muros de relleno de mampostería no reforzada

Tipo	Fotografía	Descripción
PC1		Construcción inclinada
PC2		Marco de hormigón prefabricado
RM1		Mampostería reforzada con piso flexible y diafragmas de techo
RM2		Mampostería reforzada con piso rígido y techo de diafragmas

Tipo	Fotografía	Descripción
URM		Edificios con muros de carga de mampostería no reforzada
MH		Vivienda prefabricada

Nota. Tomado de (FEMA P-154, 2015).

Estos tipos de edificaciones que detalla la FEMA tienen distintos tipos de puntajes ya que se cuenta con formularios que varían según la región de sismicidad, como tal las formas de sismicidad muy alta, alta, moderadamente alta, moderada y baja tienen cada una un conjunto único de puntajes básicos (FEMA P-154, 2015).

Para este proceso de selección de tipo de edificio la FEMA recomienda lo siguiente:

- Paso 1: Identificar el material o materiales del edificio, este puede ser de madera, acero, hormigón o mampostería.
- Paso 2: Identificar el tipo de sistema resistente a fuerzas sísmicas, estos pueden ser marcos no arriostrados, marcos arriostrados o muro de carga.
- Paso 3: Con los datos obtenidos del paso 1 y paso 2 el evaluador debe tratar de eliminar tantos tipos de edificios FEMA para acercarse lo máximo posible al edificio adecuado y contar con un puntaje adecuado.

Resultados de formularios e inspecciones

Se determina un puntaje de corte de 2.0 como límite para los edificios de ocupación estándar, según los criterios de diseño sísmico actuales. Usando este nivel de corte, los edificios que tengan un puntaje de 2.0 o menos deben ser investigados por un diseñador profesional con experiencia en diseño sísmico.

Los modificadores de puntaje individuales se desarrollaron calculando la probabilidad de colapso al variar una sola condición. La suma de varios modificadores de puntuación puede sobrestimar el efecto combinado de varias condiciones y puede dar como resultado una puntuación final inferior a cero, de modo que, una puntuación negativa implica una probabilidad de colapso superior al 100%, lo que no es posible. Para abordar esto, se provee una puntuación mínima, S_{MIN} , al considerar la peor combinación posible de tipo de suelo, irregularidades verticales y de planta, y edad del edificio, todo a la vez (FEMA P-154, 2015).

La puntuación final del nivel 1, SL1, se determina para un edificio sumando los modificadores de puntuación para ese edificio, a la puntuación básica del edificio. El evaluador debe verificar la suma de la puntuación básica y los modificadores de puntuación contra la puntuación mínima, S_{MIN} , y utilizar la puntuación mínima si es mayor que la suma (FEMA P-154, 2015).

Cuando el evaluador no está seguro del tipo de edificio de FEMA, se debe intentar eliminar todos los tipos de edificio poco probables, si todavía quedan varias opciones, se calcula SL1 para todos los tipos de edificios restantes de FEMA y elige el puntaje más bajo. Este es un enfoque conservador y tiene la desventaja de que la puntuación asignada puede indicar que el edificio presenta un riesgo mayor del que realmente presenta. Para obtener un puntaje positivo se debe tener una evidencia clara de que la estructura haya sido remodelada (FEMA P-154, 2015).

Para el formulario Nivel 2 se comienza por anotar el nombre del edificio, su puntaje de Nivel 1 y los modificadores de puntaje de irregularidad utilizados en el Nivel 1, luego se

responde a una serie de afirmaciones sobre el edificio, como las irregularidades verticales y en planta dependiendo del sistema estructural, aplicando modificadores de puntaje cuando corresponde. En la parte inferior hay una sección limitada de evaluación no estructural, donde se debe responder sobre peligros no estructurales comunes y después emite un juicio sobre el desempeño sísmico no estructural estimado del edificio (FEMA P-154, 2015).

Se debe describir en detalle cualquier daño o deterioro observado o cualquier otra irregularidad vertical o en planta. Al terminar la evaluación de los formularios debe transferirse los resultados del nivel 2 al formulario del nivel 1 y reemplazar el puntaje final del nivel 1, de igual manera se debe indicar los resultados de la evaluación no estructural del nivel 2 y revisar con las partes de otros peligros y acción requerida del formulario del nivel 1 (FEMA P-154, 2015).

Si existiese un potencial de golpes, peligros de caídas de un edificio adyacente más alto, peligros geológicos y el daño o deterioro del sistema estructural con todas las condiciones que no se consideran en el puntaje de Nivel 1, pueden tener un efecto negativo en el desempeño del edificio y sísmicamente peligroso incluso si el puntaje de Nivel 1 es mayor que el puntaje de corte designado. Por lo tanto, se requiere una evaluación estructural detallada si el evaluador identifica que existe cualquiera de las siguientes condiciones peligrosas (FEMA P-154, 2015).

Interpretación de resultados

Una vez que se han llenado los diferentes formularios de las distintas edificaciones estudiadas, se procede a realizar un tratamiento de los resultados en el cual se verifica que cada uno de los puntos estén acorde a lo que se observó al momento de evaluar dicha estructura. Los puntajes que arrojan los formularios, ayudan a determinar el grado de vulnerabilidad que puede presentar dicha estructura ante un evento sísmico.

Formulación de recomendaciones técnicas

Una vez que los resultados del trabajo de campo, así como los puntajes de los formularios sean interpretados se procederá a obtener conclusiones objetivas y técnicas que demuestren el estado y las condiciones de las edificaciones analizadas de acuerdo con los estándares establecidos por las normativas nacionales e internacionales y con las acciones a llevar a cabo que planten los mismos formularios.

A partir de las conclusiones obtenidas se formulan recomendaciones técnicas que solventen las falencias que presentan los hospitales de administración militar, las cuales estarán encaminadas a reducir la vulnerabilidad sísmica estructural, no estructural y de contenido, así como también del personal que labora en estas instituciones, permitiendo elaborar planes de acción y contingencia que protejan a las estructuras y especialmente a las personas que las ocupan ante la ocurrencia de eventos sísmicos.

Capítulo 4

Resultados

Generalidades

Hospital Naval de Guayaquil

El Hospital Naval de Guayaquil (HOSNAG), funcionando en la base Naval Sur desde el año 1968 hasta la actualidad, brindando atención integral con servicios de consulta externa, emergencias y hospitalización las 24 horas, en el transcurso de las necesidades a las cuales se ven enfrentadas se adosa un edificio de 7 pisos a policlínico naval, con el fin de adquirir una atención a nuevas especialidades el 11 de noviembre de 1983 con una capacidad de 120 camas, 5 quirófanos, unidad de cuidados intensivos, unidad de imágenes, laboratorio clínico, odontología y fisioterapia. Con forme a la demanda en el 2004 se construyen 3 nuevos bloques para la atención de traumatología y en el 2008 se construye la nueva área de medicina física y rehabilitación (HOSNAG, 2022).

En el sismo de abril del 2016, el hospital HOSNAG sufrió daños considerables estructurales, es por ello que los trabajos de reforzamiento restringieron su capacidad de 80 a 50 y limitar en varios servicios médicos y hospitalarios, los trabajos de reforzamiento se realizaron en el año 2018 en la torre de 7 pisos.

Figura 6

Vista frontal del Hospital Naval de la ciudad de Guayaquil



Hospital Naval de Esmeraldas

El Hospital Naval de Esmeraldas (HOSNAE) inicia su construcción el 27 de enero de 2002, fecha en la que a manera de acto conmemorativo el señor contraalmirante Renán Sánchez Coba comandante de Operaciones Norte y director de Sanidad de aquella época coloca la primera piedra para la construcción del futuro hospital. La inauguración de esta institución se realiza el 6 de agosto de 2004, la cual tiene un diseño arquitectónico horizontal, en pabellones tipo modular de dos plantas, cuenta con 12 bloques.

Actualmente el hospital cuenta con las áreas de consulta externa, emergencias y hospitalización, además en él se atienden diferentes especialidades de salud, así como servicios de laboratorio, centro quirúrgico, unidad de cuidados intensivos, unidad de quemados y los servicios de farmacia y ambulancia, el área de hospitalización tiene la capacidad de 50 camas.

Está ubicado en la Avenida Kennedy al lado del sistema ECU 911 de la ciudad de Esmeraldas y junto a la Empresa Pública Flota Petrolera Ecuatoriana EP – FLOPEC.

Figura 7

Vista panorámica Hospital Naval de Esmeraldas (HOSNAE)



Nota. Tomado de Historia Resumida de la Armada del Ecuador Parte II (Vargas Molina, 2014).

Hospital General II de Guayaquil

Es un establecimiento de Sanidad Militar asignado para asistencia médica al personal del ejército en servicio activo y pasivo de las FF.AA. a sus familiares y dependientes; fue construido en el año 1958, ofrece servicios médicos, quirúrgicos y de apoyo en laboratorio, imagenología, odontología y rehabilitación con una capacidad hospitalaria de 81 camas. Es una entidad que aporta al desarrollo social del país; está situado frente al cementerio general de Guayaquil en la Av. Pedro Menéndez Gilbert, tiene acceso terrestre y aéreo al contar con un helipuerto (Ortega, 2014), según la información dada por el personal el hospital tuvo una remodelación interna en el año 2000 y 2012 (Mosquera, 2015).

Figura 8

Vista frontal del Hospital General II de Libertad de la ciudad de Guayaquil



Nota. Tomado de *Anexos de Tesis* (Castañeda Roman, 2015)

Hospital General III de Cuenca

El Hospital Militar III – de “Tarqui” fue creado el 5 de marzo de 1822 por el General Sucre, prestando atención originalmente en el antiguo Hospital de Belén. Luego de 11 años de construcción en enero de 1870 es inaugurado el Hospital San Vicente de Paúl, y al pasar 4 años en 1874 el presidente Gabriel García Moreno ordeno asignar un departamento de este para el Hospital Militar.

Bajo la Dirección del Dr. Braulio Pozo Díaz, en 1930, es asignado personal médico militar; con el fin de dar atención permanente a la comunidad civil y militar del Austro. El Hospital Divisional se proyecta permanentemente a la comunidad con su personal de médicos especialistas en las diferentes áreas de salud, con atención interrumpida y con costos bajos, lo cual redundaba en una favorable acogida por parte de la población austral. Se encuentra ubicado en la provincia del Azuay, cantón Cuenca, Parroquia Huayna-Cápac, Av. 12 de Abril 5-21 y Federico Malo (Avilés Arévalo, 2013).

Figura 9

Vista frontal del Hospital Militar III de Tarqui de la ciudad de Cuenca



Nota. Tomado de *Google Maps*.

Nivel de sismicidad

Las inspecciones visuales rápidas pueden desarrollarse usando 5 formularios diferentes que establece la norma FEMA P-154, los cuales están clasificados de acuerdo con el nivel de sismicidad existente, que puede ser: muy alta, alta, moderadamente alta, moderada y baja.

Para definir el formulario a utilizar en las inspecciones visuales rápidas de los hospitales en estudio se determina el nivel de sismicidad de cada una de las ciudades en donde se encuentran construidos, para ello se hace uso de las curvas de peligrosidad sísmica establecidas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15. En estas curvas se

determina los valores de respuesta espectral de aceleración para: periodo corto (0,2 s), S_s , y para periodo largo (1,0 s), S_1 ; de cada una de las ciudades, considerando los periodos de retorno de 475 años establecido por la NEC-15 y de 2475 años de acuerdo con el máximo sismo considerado según el código ASCE, American Society of Civil Engineers, 2017.

Adicionalmente también se utiliza para este estudio el Mapa Digital Interactivo de Peligro Sísmico para Ecuador desarrollado por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional EPN a manera de comparación.

Estos valores son analizados tomando en cuenta los límites establecidos por la FEMA P-154 para la definición de los 5 niveles de sismicidad que se muestran a continuación:

Tabla 8

Determinación de la Región Sísmica a partir de la Respuesta de Aceleración Espectral del MCR-R

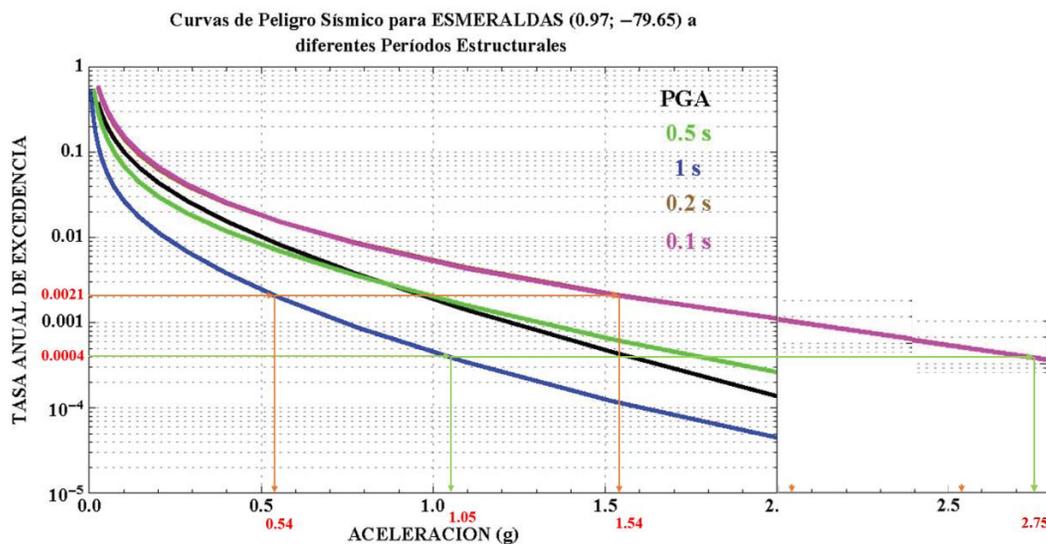
Región de Sismicidad	Respuesta de Aceleración	
	Espectral S_s (Período Corto)	Espectral S_1 , (Período Largo)
Bajo	$S_s < 0,25g$	$S_1 < 0,10g$
Moderado	$0,25g \leq S_s < 0,50g$	$0,10g \leq S_1 < 0,20g$
Moderadamente Alto	$0,50g \leq S_s < 1,00g$	$0,20g \leq S_1 < 0,40g$
Alto	$1,00g \leq S_s < 1,50g$	$0,40g \leq S_1 < 0,60g$
Muy Alto	$S_s \geq 1,50g$	$S_1 \geq 0,60g$

Nota. g = aceleración de la gravedad en dirección horizontal. Recuperado de (FEMA P-154, 2015).

En la figura 10, 11, 12 y tabla 9, 10 que se muestran a continuación se puede observar el proceso realizado y los resultados obtenidos de las curvas de peligrosidad sísmica para cada ciudad.

Figura 10

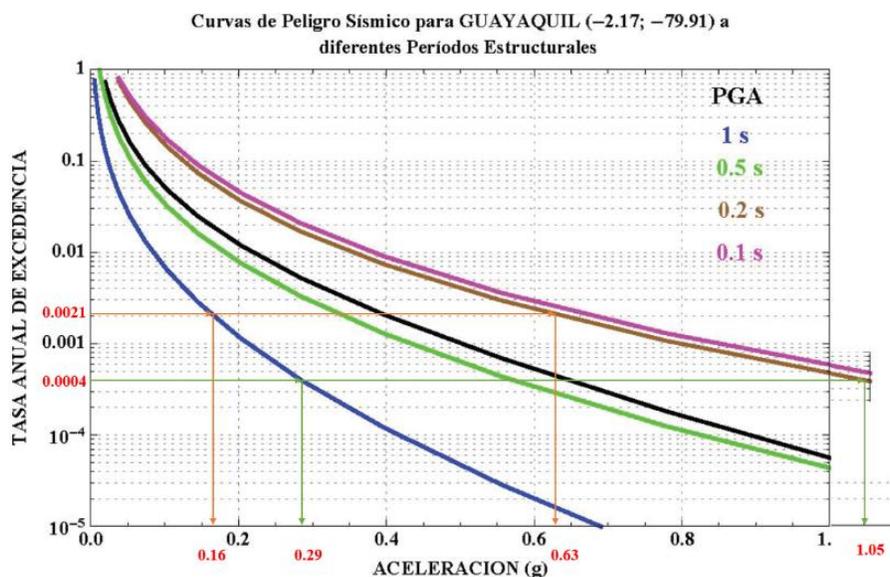
Curvas de Peligro Sísmico para Esmeraldas a diferentes períodos estructurales



Nota. El gráfico representa las curvas de peligrosidad sísmica para Esmeraldas, de modo que se obtuvo la aceleración en los períodos corto Ss y largo S1 con la tasa de excedencia de 475 y 2500 años. Tomado de *NEC-SE-DS* (MIDUVI & CAMICOM, 2016)

Figura 11

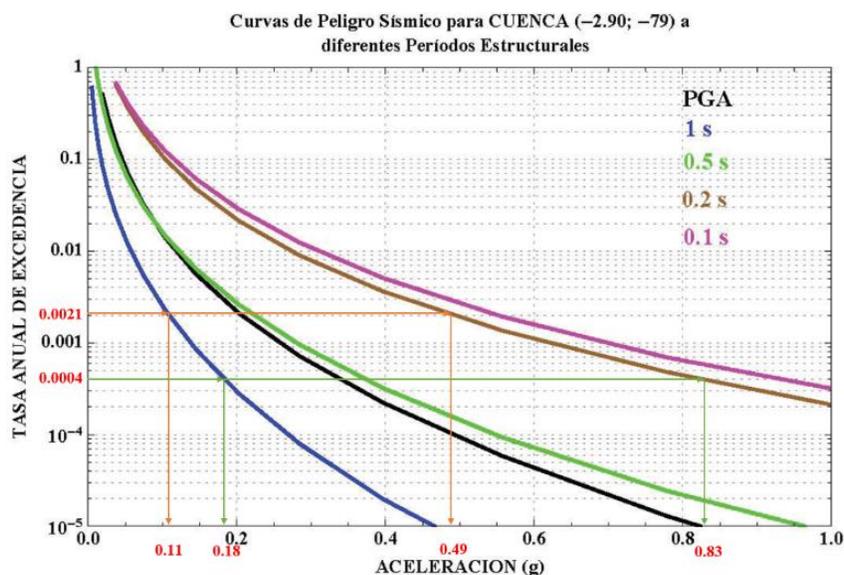
Curvas de Peligro Sísmico para Guayaquil a diferentes períodos estructurales



Nota. El gráfico representa las curvas de peligrosidad sísmica para Guayaquil, de modo que se obtuvo la aceleración en los períodos corto S_s y largo S_1 con la tasa de excedencia de 475 y 2500 años. Tomado de *NEC-SE-DS* (MIDUVI & CAMICOM, 2016)

Figura 12

Curvas de Peligro Sísmico para Cuenca a diferentes períodos estructurales



Nota. El gráfico representa las curvas de peligrosidad sísmica para Cuenca, de modo que se obtuvo la aceleración en los períodos corto S_s y largo S_1 con la tasa de excedencia de 475 y 2500 años. Tomado de *NEC-SE-DS* (MIDUVI & CAMICOM, 2016)

Tabla 9

Resultados obtenidos de las gráficas de curvas de peligrosidad sísmica de cada ciudad de estudio y de la página del Instituto Geofísico-EPN para la tasa de excentricidad de 475 años (0,00211)

Períodos	NEC-15		Instituto Geofísico – EPN	
	Aceleración	Sismicidad	Aceleración	Sismicidad
Esmeraldas				
Período corto (0.2 s)	1,54	Muy alta	1,40	Alta

Períodos	NEC-15		Instituto Geofísico – EPN	
	Aceleración	Sismicidad	Aceleración	Sismicidad
Período largo (1.0 s)	0,54	Alta	0,38	Moderadamente alta
Guayaquil				
Período corto (0.2 s)	0,63	Moderadamente alta	0,69	Moderadamente alta
Período largo (1.0 s)	0,16	Moderada	0,15	Moderada
Cuenca				
Período corto (0.2 s)	0,49	Moderada	0,84	Moderadamente alta
Período largo (1.0 s)	0,11	Moderada	0,16	Moderada

Nota. La tabla contiene las aceleraciones en los períodos corto Ss y largo S1 con la tasa de excedencia de 475 años de las curvas de peligrosidad sísmica para Esmeraldas, Cuenca y Guayaquil, de igual manera los datos de la página web del Instituto Geofísico – EPN.

Tabla 10

Resultados obtenidos de las gráficas de curvas de peligrosidad sísmica de cada ciudad de estudio y de la página del Instituto Geofísico-EPN para la tasa de excentricidad de 2500 (0,0004) y 2475 (0,000404) años respectivamente

Períodos	NEC-15		Instituto Geofísico – EPN	
	Aceleración	Sismicidad	Aceleración	Sismicidad
Esmeraldas				
Período corto (0.2 s)	2,75	Muy alta	2,13	Muy alta
Período largo (1.0 s)	1,05	Muy Alta	0,91	Muy Alta
Guayaquil				

Períodos	NEC-15		Instituto Geofísico – EPN	
	Aceleración	Sismicidad	Aceleración	Sismicidad
Período corto (0.2 s)	1,05	Alta	1,29	Alta
Período largo (1.0 s)	0,29	Moderadamente	0,28	Moderadamente
		alta		alta
Cuenca				
Período corto (0.2 s)	0,83	Moderadamente	1,60	Muy alta
		alta		
Período largo (1.0 s)	0,18	Moderado	0,31	Moderadamente
				alta

Nota. La tabla contiene las aceleraciones en los períodos corto Ss y largo S1 con la tasa de excedencia de 2500 años de las curvas de peligrosidad sísmica para Esmeraldas, Cuenca y Guayaquil, de igual manera los datos de la página web del Instituto Geofísico – EPN con la tasa de excedencia de 2475 años.

A continuación, en la tabla 11, 12 y 13, se presenta la interpretación de resultados para cada ciudad, en base a ella se realiza la selección de los formularios a utilizar.

Tabla 11

Nivel de Sismicidad de Esmeraldas

Nivel de Sismicidad de Esmeraldas			
Aceleraciones máximas probables [g]		Nivel de Sismicidad	
Ss	2,75	Muy Alta	
S1	1,05	Muy Alta	

Tabla 12*Nivel de Sismicidad de Guayaquil*

Nivel de Sismicidad de Guayaquil			
Aceleraciones máximas probables [g]		Nivel de Sismicidad	
Ss	1,05	Alta	
S1	0,29	Moderadamente Alta	

Tabla 13*Nivel de Sismicidad de Cuenca*

Nivel de Sismicidad de Cuenca			
Aceleraciones máximas probables [g]		Nivel de Sismicidad	
Ss	0,83	Moderadamente alta	
S1	0,18	Moderada	

Al identificar el nivel de sismicidad, se lo realiza de acuerdo con los valores de las aceleraciones espectrales, teniendo en cuenta el máximo sismo considerado (MCE) establecido en el formulario FEMA P-154 con un periodo de retorno de 2475 años, sin embargo, en los formularios de la normativa NEC se establece periodos de retorno de 2500 años, para este trabajo se estima a lo que plantea la normativa nacional. De las tablas antes mostradas se considera el valor más alto, se asume el nivel de sismicidad que cataloga las aceleraciones espéctales para periodos cortos ($T=0,2$ s), a pesar que el valor de las aceleraciones para periodos largos ($T=1,0$ s) sean inferiores.

Ubicación e información de identificación

Los formularios de nivel 1 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción y de la FEMA P-154, requieren de información básica de los lugares a ser inspeccionados, así como de datos

de ubicación que permitan identificar de manera sencilla y acertada cual es la edificación en estudio. Los datos recopilados para cada uno de los hospitales considerados para este trabajo se muestran a continuación en las tablas 14, 15, 16 y 17:

Tabla 14

Ubicación e Información de Identificación Hospital Naval de Guayaquil

Referencia		Información					
Hospital Naval de Guayaquil							
Dirección		Ecuador, provincial de Guayas, cantón Guayaquil, Avenida 25 de Julio					
Código Postal		090205					
Sitio de Referencia / Otros		Junto la Aduana Puerto Marítimo Guayaquil					
Identificadores							
Tipo de Uso		Hospital de uso público					
Ocupación		Servicio de Emergencia - Público					
Coordenadas							
Latitud		2°16'10" N		Longitud		79°54'10" O	
Zona	17 N	Sur	9749134,60 m S	Este	621988,01 m E		

Tabla 15

Ubicación e Información de Identificación Hospital Naval de Esmeraldas

Referencia		Información			
Hospital Naval de Esmeraldas					
Dirección		Ecuador, provincial de Esmeraldas, cantón Esmeraldas, Avenida Kennedy s/n			
Código Postal		080108			

Referencia			Información		
Sitio de Referencia / Otros			Junto al Centro Local Sistema Integrado de		
Identificadores			Seguridad ECU 911		
Tipo de Uso			Hospital de uso público		
Ocupación			Servicio de Emergencia - Público		
Coordenadas					
Latitud	0°59'10" N		Longitud	79°39'11" O	
Zona	17 N	Norte	109025,34 m N	Este	649873,03 m E

Tabla 16

Ubicación e Información de Identificación Hospital General II Guayaquil

Referencia			Información		
Hospital General II Guayaquil					
Dirección			Ecuador, provincial de Guayas, cantón Guayaquil, parroquia Tarqui, sector Atarazana, Av. Pedro Menéndez Gilbert y Av. de la Democracia		
Código Postal			090505		
Sitio de Referencia / Otros			Junto al Centro de Movilización de Guayaquil		
Identificadores					
Tipo de Uso			Hospital de uso público		
Ocupación			Servicio de Emergencia - Público		
Coordenadas					
Latitud	2°10'43,9" S		Longitud	79°53'07,4" O	
Zona	17 N	Norte	9759123,40 m N	Este	623947,10 m E

Tabla 17*Ubicación e Información de Identificación Hospital General III Cuenca*

Referencia	Información				
Hospital General III Cuenca					
Dirección	Ecuador, provincial de Azuay, cantón Cuenca, Av. 12 de Abril y Av. Federico Malo				
Código Postal	010204				
Sitio de Referencia / Otros	Junto al Centro de Salud Nicanor Merchan				
Identificadores					
Tipo de Uso	Hospital de uso público				
Ocupación	Servicio de Emergencia - Público				
Coordenadas					
Latitud	2°54'11,77"		Longitud	79°0'14,52" O	
	S				
Zona	17 N	Norte	9678903,00 m S	Este	721863,00 m E

Características generales

Las características que se pudieron observar y constatar durante las inspecciones visuales rápidas se detallan a continuación, debido a que todos los hospitales tenían varios bloques, en las tablas 18, 19, 20 y 21 se hace referencia al bloque de mayor relevancia por su vulnerabilidad sísmica.

Tabla 18*Características generales Hospital Naval de Guayaquil*

Referencia	Información				
Hospital Naval de Guayaquil					

Referencia	Información
Número de Bloques	3
Año de Construcción	1968
Código Año	Pre-código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción
Área total de construcción (bloque) (m ²)	2007,63
Adiciones	Ninguna
	Número de pisos
Sobre el suelo	7
Bajo el suelo	0

Tabla 19

Características generales Hospital Naval de Esmeraldas

Referencia	Información
Hospital Naval de Esmeraldas	
Número de Bloques	13
Año de Construcción	2002
Código Año	Construido en etapa de transición (desde 2001 pero antes de 2015)
Área total de construcción (bloque) (m ²)	1236,00
Adiciones	SI
	Número de pisos
Sobre el suelo	2

Referencia	Información
Bajo el suelo	0

Tabla 20

Características generales Hospital General II Guayaquil

Referencia	Información
Hospital General II Guayaquil	
Número de Bloques	3
Año de Construcción	1958
Código Año	Pre-código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción
Área total de construcción (bloque) (m ²)	11321,87
Adiciones	Ninguna
	Número de pisos
Sobre el suelo	4
Bajo el suelo	0

Tabla 21

Características Generales Hospital General III Cuenca

Referencia	Información
Hospital General III Cuenca	
Número de Bloques	5
Año de Construcción	1959

Referencia	Información
Código Año	Pre-código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción
Área total de construcción (bloque) (m ²)	3741,80
Adiciones	Ninguna
	Número de pisos
Sobre el suelo	2
Bajo el suelo	0

Tipo de suelo y riesgos geológicos

De acuerdo con la información recopilada durante la etapa de recolección de datos, tanto en trabajos investigativos y diversas fuentes científicas confiables, así como en las indagaciones realizadas durante las inspecciones en campo, se obtuvo lo siguiente:

Hospital Naval de Guayaquil

De acuerdo con la actualización del mapa geológico de la ciudad de Guayaquil, dicho estudio realizado por la empresa GEOESTUDIOS S.A, se determinó el tipo de suelo acorde a lo establecido en la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

El Hospital HOSNAG se encuentra situado en un suelo tipo E, lo cual se identifica como un suelo blando, los parámetros a mencionar por la NEC-15 corresponde a una profundidad superior a los 30 m, con una descripción geológica catalogada como lacustres y una descripción litológica como sedimentos de grano fino predominando limos y arcillas.

Según el estudio el perfil cumple los criterios de velocidad de la onda de cortante $V_s < 180$ m/s o el perfil contiene una altura (H) mayor de 3 m de arcillas blandas con un índice de plasticidad $IP > 20$, porcentaje de humedad $w \geq 40\%$ y Resistencia al corte no drenado $S_u < 50$ kPa (Rojas Calle, 2019).

El estudio no habla sobre el peligro de licuefacción, pero existe la posibilidad debido a que es un suelo tipo E, caracterizado geotécnicamente suelo blando, tipo de suelo suave predominando el limo y la arcilla, al igual que en los alrededores del hospital presentan suelos tipo E y F, en el cual puede ser potencialmente licuables.

Tabla 22

Tipo de suelo y riesgos geológicos Hospital Naval de Guayaquil

Referencia	Información
Hospital Naval de Guayaquil	
Tipo de suelo	E – Suelo blando
Riesgos Geológicos	
Licuefacción	No se conoce
Deslizamiento	NO
Ruptura de superficie	No se conoce

Hospital Naval de Esmeraldas

De acuerdo con lo que plantea (GEOESTUDIOS S.A. y otros, 2017) en el Estudio de Microzonificación Sísmica y Geotécnica de la Ciudad de Esmeraldas según la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015:

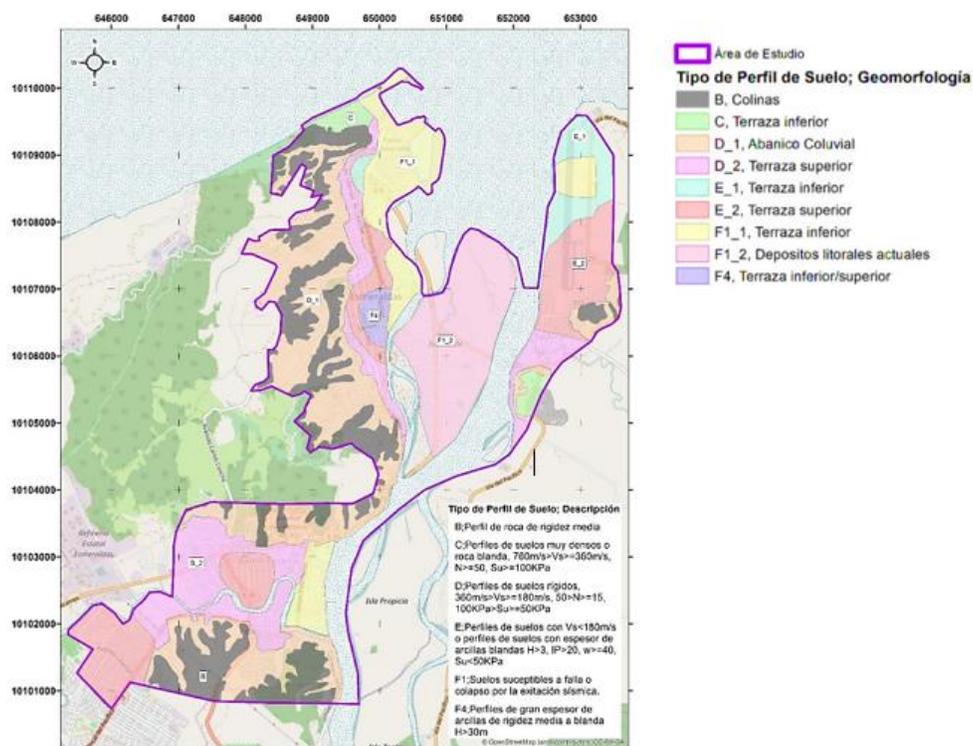
El suelo en el cual se encuentra emplazado el Hospital Naval Esmeraldas es tipo D, que corresponde a un suelo rígido con una velocidad de onda cortante entre $360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$ o un suelo rígido con un número de golpes entre $50 > N \geq 15$ o un suelo cohesivo con resistencia al corte no drenado entre $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$.

No se tiene la certeza suficiente para descartar o confirmar la posibilidad de la ocurrencia de licuefacción por un evento sísmico, esto debido a que existen suelos tipo E y F cerca al lugar en donde se encuentra el hospital en estudio, los cuales pueden ser potencialmente licuables.

La zona en donde se encuentra ubicado el Hospital Naval Esmeraldas corresponde a una terraza aluvial superior, la cual se desarrolla en medio de las zonas de colinas bajas y planicies inundables y tendría una inclinación suave comprendida entre 2° y 8°; además se encuentra lejos de las tres zonas potenciales de deslizamientos que han sido detectadas en la ciudad de Esmeraldas en el estudio mencionado. Por tanto, tomando en cuenta estas condiciones y de acuerdo con lo observado durante la inspección visual rápida se concluye que no existe un riesgo de deslizamiento que afecte al hospital.

Figura 13

Mapa de Zonas Geotécnicas de la ciudad de Esmeraldas



Nota. Tomado de (GEOESTUDIOS S.A. y otros, 2017)

La posibilidad de ruptura superficial es muy probable, debido a que la Falla Esmeraldas se encuentra muy cerca al lugar en donde está emplazado el hospital (distancia < 1km), por tanto, se puede afirmar la posibilidad de afectación de la superficie de la tierra para el hospital por la falla geológica mencionada.

Tabla 23

Tipo de suelo y riesgos geológicos Hospital Naval de Esmeraldas

Referencia	Información
Hospital Naval de Esmeraldas	
Tipo de suelo	D – Suelo Rígido
Riesgos Geológicos	
Licuefacción	No se conoce
Deslizamiento	NO
Ruptura de superficie	SI

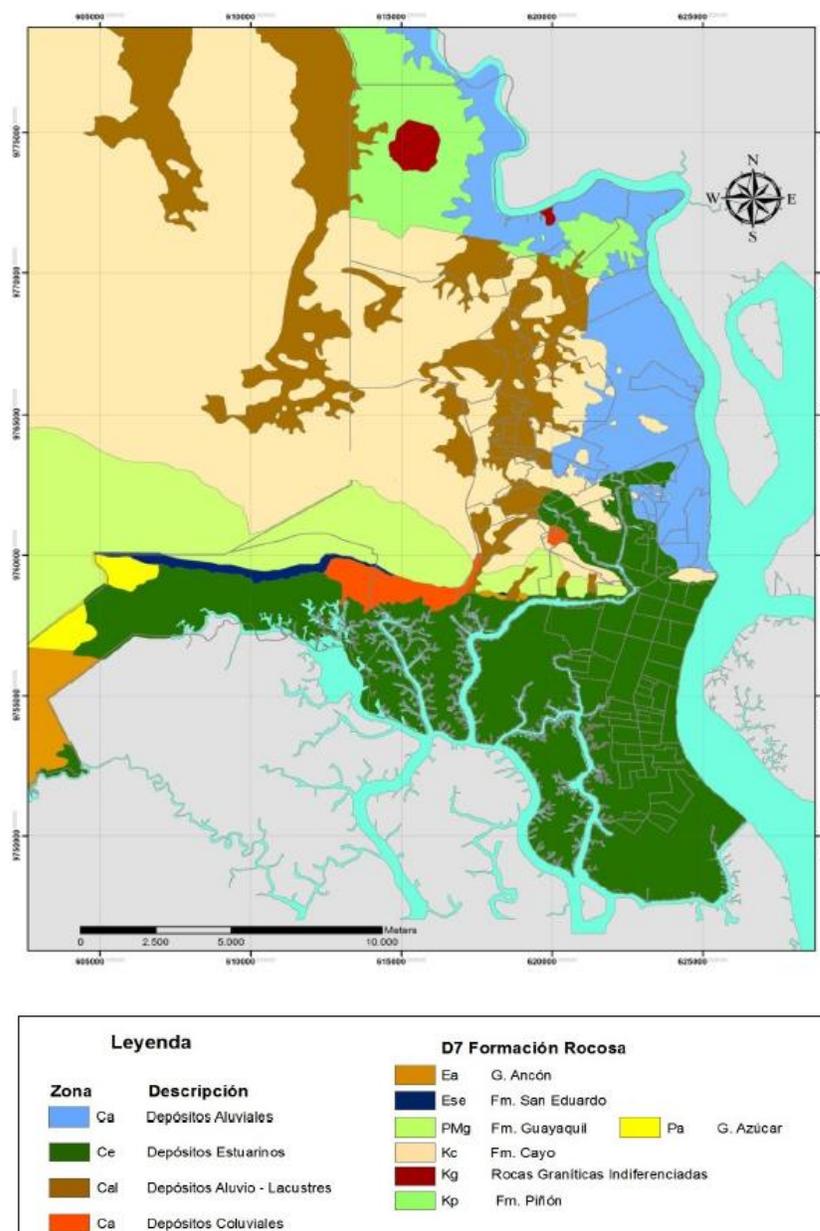
Hospital General II Guayaquil

Conforme a lo que estipula el Estudio de Microzonificación Sísmica y Geotécnica de la Ciudad de Guayaquil según la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011, elaborado por Vera-Granauer, X., 2014:

El Hospital General II de Guayaquil está situado en un suelo tipo E, a una profundidad de suelo mayor a 20 m, con una zona geotécnica de depósitos de la llanura aluvial (arcillas aluviales), con una resistencia al corte no drenado entre 90 kPa > $S_u \geq 35$ kPa, en el sector Norte pero cercano a la ribera del río Daule se identifican valores de Vs30 que se encuentran en el rango de 130 a 180 m/s, asociados a los sedimentos aluviales (GEOESTUDIOS & Vera Granauer, 2011).

Figura 14

Mapa Geológico de la ciudad de Guayaquil



Nota. Tomado de (GEOESTUDIOS & Vera Granauer, 2011)

No se tiene la certeza suficiente para descartar o confirmar la posibilidad de la ocurrencia de licuefacción por un evento sísmico, esto debido a que existen suelos tipo E y F cerca al lugar en donde se encuentra el hospital en estudio, los cuales pueden ser potencialmente licuables.

Tabla 24*Tipo de suelo y riesgos geológicos Hospital General II Guayaquil*

Referencia	Información
Hospital General II Guayaquil	
Tipo de suelo	E – Suelo blando
Riesgos Geológicos	
Licuefacción	No se conoce
Deslizamiento	NO
Ruptura de superficie	No se conoce

Hospital General III Cuenca

En base al estudio realizado por (Riquetti Morales, 2010) plantea mapear a la zona urbana de Cuenca para definir las unidades geotécnicas con el fin de facilitar la información del tipo de suelo en las distintas zonas que se requiera evaluar, por tal motivo buscan caracterizar el suelo conociendo sus propiedades físicas, granulometría, plasticidad y clasificar el suelo con el sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos). De acuerdo con los 378 ensayos realizados, en la zona del Hospital General III Cuenca, garantiza que corresponden a suelos de partículas gruesas que son resistentes y óptimos para la construcción de edificaciones. La zona en la que se encuentra ubicado el Hospital pertenece a una Unidad Geotécnica (A) la cual, dice que son suelos gruesos con porcentaje en peso de material que pasa el tamiz No. 200 menores al 12% clasificándolos como suelos (GW; GP; SW; SP) los cuales según la SUCS son gravas y arenas bien graduadas, mal graduadas con pocos finos o sin finos.

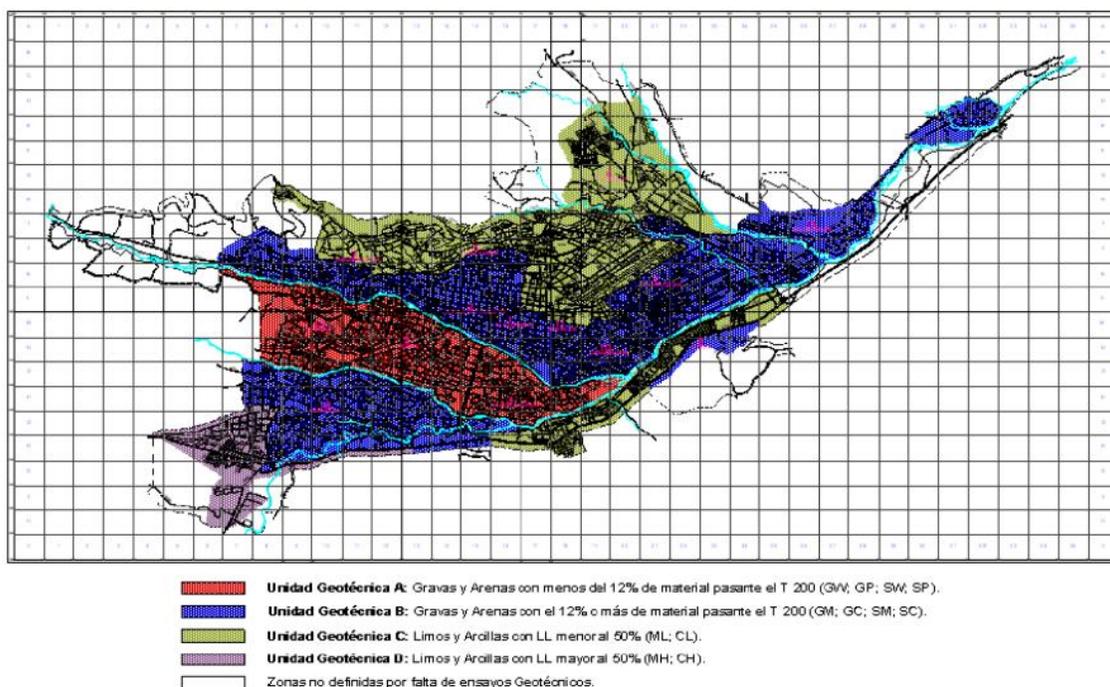
Según lo que plantea (Bermeo Moyano, 2016) en la Determinación de Espectros de Respuesta y Espectros de Diseño Elásticos e Inelásticos para la Ciudad de Cuenca, en las estaciones acelerógrafas con los que se van a recopilar datos para la realización de los

distintos espectros uno de estos está ubicado en la Universidad de Cuenca ubicado aproximadamente a unos 750 metros del Hospital General III Cuenca y cuenta con un suelo Tipo B de acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Con los distintos estudios que se han realizado, se toma la decisión que el suelo donde se encuentra ubicado el Hospital General III Cuenca es tipo B, que corresponde a un perfil de roca de rigidez media con una velocidad de onda de corte entre $1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760 \text{ m/s}$.

Figura 15

División del plano de la ciudad de Cuenca en Unidades Geotécnicas



Nota. Tomado de (Riquetti Morales, 2010).

Tabla 25

Tipo de suelo y riesgos geológicos Hospital General III Cuenca

Referencia	Información
Hospital General III Cuenca	
Tipo de suelo	B – Roca de rigidez media

Referencia	Información
	Riesgos Geológicos
Licuefacción	NO
Deslizamiento	NO
Ruptura de superficie	No se conoce

Riesgos no estructurales

Durante la realización de las inspecciones visuales rápidas se pudo constatar el estado de las instalaciones hospitalarias, tanto externamente como internamente; en las tablas 26, 27, 28 y 29, se detallan de manera generalizada todos los peligros no estructurales encontrados en los hospitales en estudio, sin hacer distinción del bloque al cual pertenecen.

Hospital Naval de Guayaquil

Tabla 26

Peligros no estructurales Hospital Naval de Guayaquil

Condición	SI/NO	Comentario	Fotografía
Adyacencia			
Golpeteo	SI	Espesor de junta de construcción menor a lo especificado en la FEMA P-154. 4,5 cm < 26,67 cm.	
Riesgos de caídas desde un edificio adyacente más alto	SI	Cubierta metálica poco segura.	

Condición	SI/NO	Comentario	Fotografía
Riesgos de caídas exteriores			
Chimeneas sin arriostramiento	NO	-	-
Revestimiento o enchapado pesados	NO	-	-
Parapetos	SI	Mampostería no reforzada parapeto de 0,95 m	
Apéndices	SI	Mampostería no reforzada colocada como ornamentación	
Otros	SI	Ductos de ventilación, Equipos de ventilación.	
Riesgos no estructurales observables			
Exterior			
Hay una marquesina pesada sobre las puertas de salida o las pasarelas peatonales	SI	Marquesinas existentes con apoyos no visibles de hormigón armado.	

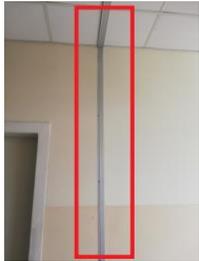
Condición	SI/NO	Comentario	Fotografía
<p>que parece no estar bien apoyada</p> <p>Hay un apéndice de mampostería no reforzado sobre puertas de salida o pasarelas peatonales</p>	SI	<p>Mampostería no reforzada colocada como ornamentación en la puerta principal del hospital y en el perímetro del bloque uno.</p>	
<p>Hay un letrero en el edificio que indica que hay materiales peligrosos presentes</p>	SI	<p>Tanques de oxígeno, generadores eléctricos y almacenamiento de materiales peligrosos</p>	
<p>Hay un edificio adyacente más alto con un muro de mampostería no reforzada sin anclar o un parapeto o chimenea de mampostería no reforzada sin arriostramiento</p>	SI	<p>Bloques adyacentes más altos con mampostería no reforzada, bloque 1.</p>	

Condición	SI/NO	Comentario	Fotografía
Otro riesgo de caída exterior no estructural observado	SI	Escaleras de acceso a terrazas y postes de luminarias cerca de las áreas de circulación entre bloques	
Interior			
Otro riesgo de caída interior no estructural observado	SI	Cielo falso del tumbado, posible caída de lámparas. Equipos médicos con anclaje deficiente. Separadores de espacios internos con anclaje insuficiente	

Hospital Naval de Esmeraldas

Tabla 27

Peligros no estructurales Hospital Naval de Esmeraldas

Condición	SI/NO	Comentario	Fotografía
Adyacencia			
Golpeteo	SI	Espesor de junta de construcción menor a lo especificado en la FEMA P-154. $5 \text{ cm} < 10,16 \text{ cm}$. Los pisos no se alinean verticalmente dentro del rango de 0,60m.	 

Condición	SI/NO	Comentario	Fotografía
Riesgos de caídas desde un edificio adyacente más alto	SI	Antena de telecomunicaciones, escaleras de acceso a las terrazas.	
Riesgos de caídas exteriores			
Chimeneas sin arriostramiento	SI	Chimeneas del cuarto de máquinas	
Revestimiento o enchapado pesados	NO	-	-
Parapetos	SI	Mampostería no reforzada, parapetos de 1 m	

Condición	SI/NO	Comentario	Fotografía
Apéndices	SI	Mampostería no reforzada colocada de manera ornamental	
Otros	SI	Cielo falso en viseras de ingreso principal al hospital y de bloques	
Riesgos no estructurales observables			
Exterior			
Hay una marquesina pesada sobre las puertas de salida o las pasarelas peatonales que parece no estar bien apoyada	SI	Marquesinas existentes con apoyos no visibles, con recubrimientos y cielo falso deteriorados que indican falta de mantenimiento y posibles afectaciones en la parte estructural	
Hay un apéndice de mampostería no reforzado sobre puertas de salida o pasarelas peatonales	SI	Mampostería no reforzada colocada como ornamentación en la puerta principal del hospital y en el perímetro de los bloques	

Condición	SI/NO	Comentario	Fotografía
Hay un letrero en el edificio que indica que hay materiales peligrosos presentes	SI	Tanques de oxígeno, diésel, almacenamiento de materiales peligrosos y residuos biológicos	
Hay un edificio adyacente más alto con un muro de mampostería no reforzada sin anclar o un parapeto o no reforzada sin arriostramiento	SI	Bloques adyacentes más altos con muros y parapetos de mampostería no reforzada sin anclaje y arriostramiento deficientes	
Otro riesgo de caída exterior no estructural observado	SI	Escaleras de acceso a terrazas.	
Interior			
Hay tabiques huecos de arcilla o ladrillo en cualquier escalera o pasillo de salida	SI	Paredes de mampostería de bloques de hormigón no reforzada presentes en escaleras y pasillos	

Condición	SI/NO	Comentario	Fotografía
Otro riesgo de caída interior no estructural observado	SI	Cielo falso del tumbado, posible caída de lámparas. Equipos médicos con anclaje deficiente. Separadores de espacios internos con anclaje insuficiente	

Hospital General II de Guayaquil

Tabla 28

Peligros no estructurales Hospital General II de Guayaquil

Condición	SI/NO	Comentario	Fotografía
Adyacencia			
Golpeteo	NO	-	-
Riesgos de caídas desde un edificio adyacente más alto	SI	Antena de telecomunicaciones, escaleras de acceso a las terrazas.	
Riesgos de caídas exteriores			
Chimeneas sin arriostramiento	NO	-	-
Revestimiento o enchapado pesados	NO	-	-

Condición	SI/NO	Comentario	Fotografía
Parapetos	SI	Mampostería no reforzada, parapetos de 2.17x 0.15m y de 1m 0.15 m	
Apéndices	SI	Marquesina, elementos arquitectónicos de interés decorativo en fachada	
Otros	SI	Equipos de climatización apoyados a las paredes	

Riesgos no estructurales observables

Exterior

Hay un parapeto de mampostería no reforzado o una chimenea de mampostería no reforzada sin anclaje	SI	Muros de mampostería no reforzada de 2.10 x 0.15 m	
Hay revestimiento o enchapado pesados.	NO	-	-
Hay una marquesina pesada sobre las puertas de salida o las	SI	Marquesina existente con apoyos visibles y con recubrimientos.	

Condición	SI/NO	Comentario	Fotografía
pasarelas peatonales que parece no estar bien apoyada.			
Hay un apéndice de mampostería no reforzado sobre puertas de salida o pasarelas peatonales.	SI	Elementos arquitectónicos de interés decorativo en fachada	
Hay un letrero en el edificio que indica que hay materiales peligrosos presentes.	NO	-	-
Hay un edificio adyacente más alto con una pared URM anclado o un parapeto URM no anclado.	SI	Bloques adyacentes más altos con muros de mampostería no reforzada	
Otro riesgo de caída exterior no estructural observado.	SI	Escaleras de acceso a terrazas, antena de telecomunicaciones, equipos de climatización	
Interior			

Condición	SI/NO	Comentario	Fotografía
Hay tabiques huecos de arcilla o ladrillo en cualquier escalera o pasillo de salida	NO	Paredes de mampostería de bloques de hormigón no reforzada.	-
Otro riesgo de caída interior no estructural observado	SI	Cielo raso con gypsum, posible caída de lámparas y equipos de climatización.	

Hospital General III Cuenca

Tabla 29

Peligros no estructurales Hospital General III Cuenca

Condición	SI/NO	Comentario	Fotografía
Adyacencia			
Golpeteo	SI	Losas con distintas alturas, no se alinean	
Riesgos de caídas desde un edificio adyacente más alto	SI	Antena de telecomunicaciones.	
Riesgos de caídas exteriores			

Condición	SI/NO	Comentario	Fotografía
Chimeneas sin arriostramiento	NO	-	-
Revestimiento o enchapado pesados	NO	-	-
Parapetos	SI	Mampostería no reforzada, parapetos de 1,20 x 0,20 m	
Apéndices	SI	Mampostería no reforzada colocada como ornamentación	
Otros	SI	Ductos de ventilación apoyados a las paredes	

Riesgos no estructurales observables

Exterior

Hay una marquesina pesada sobre las puertas de salida o las pasarelas peatonales que parece no estar bien apoyada

NO

-

-

Condición	SI/NO	Comentario	Fotografía
Hay un apéndice de mampostería no reforzado sobre puertas de salida o pasarelas peatonales	SI	Mampostería no reforzada colocada como ornamentación en la puerta principal del hospital y en el perímetro del hospital	
Hay un letrero en el edificio que indica que hay materiales peligrosos presentes	SI	Generador Eléctrico	
Hay un edificio adyacente más alto con un muro de mampostería no reforzada sin anclar o un parapeto o chimenea de mampostería no reforzada sin arriostramiento	NO	-	-
Otro riesgo de caída exterior no estructural observado	SI	Escaleras de acceso a departamentos del hospital, soporte para bandera cerca de las áreas de circulación	

Interior

Condición	SI/NO	Comentario	Fotografía
Hay tabiques huecos de arcilla o ladrillo en cualquier escalera o pasillo de salida	NO	Paredes de mampostería de bloques de hormigón no reforzada y de ladrillo presente en pasillos y escaleras	-
Otro riesgo de caída interior no estructural observado	SI	Cielo falso del tumbado de gypsum, posible caída de porcelanato de paredes y ductos de ventilación	

Inspección del contenido de la edificación

Al realizar los distintos recorridos en cada una de las edificaciones se tuvo que llevar a cabo una inspección superficial debido al COVID-19 y la presencia de pacientes en distintas áreas, con estas restricciones se identificó ciertos contenidos que forman parte de los hospitales como: equipos médicos, repisas, sistemas mecánicos, eléctricos, muebles, etc. A continuación, se detalla los elementos encontrados en las edificaciones estudiadas:

Hospital Naval de Guayaquil

En el Hospital Naval de Guayaquil se realizó un recorrido tanto por la zona externa como interna identificando ciertas características de acuerdo con la norma (FEMA E-74, 2012), por tal motivo se recalca los siguientes contenidos que se encontraron a lo largo de la inspección visual:

En la entrada principal se encuentra instalado en la mampostería pizarras y accesorios con un anclaje deficiente, de igual manera se encuentran elementos decorativos y accesorios

sin un correcto anclaje, lo cual presenta riesgo ante una eventualidad sísmica de modo a que son elementos que pueden ser peligrosos ante la evacuación del edificio.

Las paredes que dividen a diferentes áreas del hospital son de mampostería no reforzada como de bloque o ladrillo y mamparas con vidrio templado, las ventanas de los exteriores se encuentran correctamente instaladas con perfiles de aluminio al igual que es vidrio templado, sin presentar riesgo de caída a las personas en sus alrededores.

En el tumbado se encuentra instalado cielo raso con cables y arriostramiento diagonales adecuados, también el cielo raso soporta la instalación de la iluminación para las diferentes áreas, se encuentra colocados en paneles, de tal forma no cuentan con soportes verticales seguros, connotando el riesgo en caída.

En los exteriores de los bloques se encuentran zonas destinadas para los equipos como calderas y aire acondicionado, los cuales no se contempla un adecuado anclaje ya sea al contrapiso o a la mampostería, resaltando que la mampostería no cuenta con un refuerzo.

De igual forma el hospital cuenta con un área distinta para el almacenamiento y suministro de oxígeno, en lo cual no se encuentra sujeto a una cadena y sin arriostramientos en ambos sentidos, causando un riesgo y pérdida de la instalación destinada para el suministro de oxígeno.

El bloque 2 cuenta con ascensor ayudando a la accesibilidad del piso 1 al 7, se connota que se encuentra fijado a los rieles gua del mismo modo que los contrapesos y las guías son correctamente ancladas.

En varias áreas del hospital cuentan con computadoras, monitores e impresoras, sin una debida instalación que restrinjan el desplazamiento de los equipos o sufran daños de caída, o estén situados lejos de los bordes del escritorio para evitar el deslice, estanterías de igual forma no cuentan con cuerdas elásticas para evitar que libros, artículos varios y químicos caigan y produzcan riesgos a las personas en el alrededor.

Varias zonas del hospital cuentan con ductos de ventilación rectangulares, no cuentan con apoyos laterales en ambos sentidos y causan riesgo considerable obstaculizando la evacuación del edificio, al igual que en algunas paredes y ventanas cuentan con unidades de aire acondicionado colocados de una manera inapropiada.

Tabla 30

Inspección del contenido del Hospital Naval de Guayaquil.

Tipo	Comentario	Fotografía
Hospital Naval de Guayaquil		
Cielo falso	El cielo falso del hospital se había caído en anteriores eventos sísmicos y fue reemplazado sin tomar en cuenta precauciones adicionales para evitar su desprendimiento.	
Escritorio y equipo de computación	Al no tener un apoyo fijo de los equipos, estos pueden caerse ante cualquier movimiento y romperse, se debe tener un respaldo de documentación de las computadoras.	
Televisor	Ante una eventualidad aparatos de video, televisores y cámaras de seguridad tienden a caer, por ende, debe existir soportes adecuados.	
Ascensor	Ante un sismo el ascensor puede detenerse y encerrar a las personas que se encuentran dentro, por eso debe haber un mantenimiento técnico constante del mismo.	

Tipo	Comentario	Fotografía
Hospital Naval de Guayaquil		
Equipos de climatización	No cuentan con un anclaje adecuado, lo que podría generar grandes desplazamientos en caso eventos sísmicos.	
Tanques de Oxígeno	Tanques de oxígeno no se encuentran sujetos con cadenas en la zona superior, también deberían considerar anclajes o arriostramientos para evitar algún tipo de riesgo.	

Hospital Naval de Esmeraldas

En el Hospital Naval de Esmeraldas se pudo observar de forma superficial el contenido existente, es decir todo lo que se refiere a elementos arquitectónicos, sistemas mecánicos, eléctricos, hidráulicos, muebles, accesorios y equipos médicos en general que se encontraban en las diferentes áreas y que ante eventos sísmicos podían resultar vulnerables, cayéndose y causando daño a las personas que están cerca, así como en la parte financiera, causando grandes pérdidas económicas para el hospital. Es así como a continuación se detalla lo observado:

En cuanto a elementos arquitectónicos, como se detalló anteriormente en la sección de riegos no estructurales, el principal elemento propenso a caerse y que se encontraba en la mayoría de áreas era el cielo falso, el cual en muchas partes se hallaba desprendido y en otras se observaba a punto de caerse. También se pudieron observar pasamanos flojos, los cuales

no estaban sujetos lo suficiente y podían caerse; los separadores de espacio también presentaban problemas, muchos de ellos no estaban anclados correctamente a las paredes.

En cambio, los sistemas hidráulicos, eléctricos y otras instalaciones se encontraban cubiertos por el cielo falso, por tanto, no pudieron ser verificados, ni su anclaje y tampoco su funcionamiento, sin embargo, en ciertas partes del cielo falso se observó que existían manchas de agua, lo que indicaría que en esas partes hubo alguna fuga de las tuberías que causo ese problema. Los anclajes de aspersores contra incendios y luminarias del tumbado estaban cubiertos también por el cielo falso, por ello tampoco se pudo verificar si eran adecuados, pero por el estado del cielo falso se puede decir que deberían ser verificados los anclajes de todos estos elementos.

Algunos de los muebles y accesorios que se encontraron, como son estanterías, escritorios, computadoras, impresoras, televisores, archivadores, carteles informativo móviles, eran propensos a caídas, especialmente las computadoras, y archivadores, los cuales no tenían el apoyo suficiente como para sostenerse ante fuertes eventos sísmicos. También se encontraron extintores que no estaban sujetos a la pared de forma adecuada. En la sección de lavandería se pudo observar que muchos equipos no se apoyaban sobre el suelo correctamente. Y en la mayoría de habitaciones se encontraban ventiladores, los cuales no estaban lo suficientemente sujetos y eran propensos a caerse.

En cuanto a equipos médicos no se observó mucho debido a que no se pudo acceder a las áreas de emergencia y cirugía, además en los diferentes cuartos se encontraban pacientes ocupando las camillas. De lo que se pudo observar se encontraron porta sueros que no se apoyaban bien, los cuales tenían otros equipos que colgaban de ellos: medidores de presión, pulsaciones cardiacas, que podían caerse. Los equipos presentes en las áreas de emergencias, hospitalización, centro quirúrgico, cuidados intensivos, entre otros se encontrarían en riesgo tomando en cuenta que las paredes existentes a su alrededor son de mampostería no reforzada.

En las terrazas se encontraban diferentes aparatos, como transformadores, equipos de climatización, etc., algunos de los cuales no tenían el anclaje suficiente en caso de eventos sísmicos y muchos de ellos se ubicaban cerca de los bordes, lo que podría ocasionar su colapso.

El cuarto de máquinas, incinerador y generador de energía, así como bodega se encontraban en los bloques pequeños, a ellos no se pudo acceder internamente, sin embargo, se destaca que, al estar rodeados por muros conformados por mampostería no reforzada, todos estos podrían ser dañados, en caso de que las paredes colapsen.

Tabla 31

Inspección del contenido del Hospital Naval de Esmeraldas

Tipo	Comentario	Fotografía
Hospital Naval de Esmeraldas		
Cielo falso	<p>El cielo falso del hospital se había caído en anteriores eventos sísmicos y fue reemplazado sin tomar en cuenta precauciones adicionales para evitar su desprendimiento. Se destaca que el cielo falso del bloque 1 es un gran peligro, debido a la considerable altura del tumbado.</p>	
Pasamanos	<p>Algunos pasamanos presentes en las escaleras no estaban anclados correctamente, generando un peligro constante, y aumentando el riesgo durante un evento sísmico debido a que podrían soltarse, evitando que las personas se sostengan de</p>	

Tipo	Comentario	Fotografía
Hospital Naval de Esmeraldas		
Separadores de Espacio	<p>ellos al momento de evacuar y causando otros accidentes.</p> <p>Los separadores de espacios, especialmente los ubicados en las habitaciones de atención médica, no contaban con un correcto anclaje a las paredes y pisos, por tanto, ante un evento sísmico podrían ser susceptibles a volcamiento.</p>	
Instalaciones hidráulicas.	<p>Posibles fugas en tuberías, evidentes a través de manchas de humedad y agua en el cielo falso.</p>	
Anclajes de luminarias y elementos en el tumbado.	<p>Luminarias, aspersores contra incendios y otros elementos del tumbado, con insuficiente anclaje, pueden caer durante eventos sísmicos hiriendo a las personas.</p>	
Mobiliario y elementos en general	<p>Muchos equipos del mobiliario no tienen el apoyo o anclaje suficiente en caso de sismos, como las lavadoras, estanterías, archivadores, computadoras, escritorios, ventiladores ubicados en las diferentes habitaciones, etc.</p>	

Tipo	Comentario	Fotografía
Hospital Naval de Esmeraldas		
Equipos médicos básicos	<p>Se observó porta sueros con gran probabilidad de caída ante sismos, algunos de los cuales tenían otros aparatos colgando, lo que generaría grandes pérdidas económicas.</p>	
Equipos de climatización	<p>Se encuentran en las terrazas de los bloques del hospital, muchos de ellos no cuentan con un anclaje adecuado, lo que podría generar grandes desplazamientos en caso eventos sísmicos.</p>	
Tanque de Diésel	<p>El tanque de diésel no se encuentra lo suficientemente protegido ante caídas de objetos exteriores, lo que podría causar fugas y accidentes más graves.</p>	

Hospital General II de Guayaquil

En el Hospital General II de Guayaquil se verificó algunos de los elementos, tanto en la parte externa como interna de la edificación conforme a las características de la norma (FEMA E-74, 2012), y se presenta lo siguiente de acuerdo con la inspección visual:

En la parte exterior de los edificios se observa los elementos no estructurales de modo que en la entrada principal se observa una marquesina con apoyos visibles y recubrimiento, componentes de interés decorativo en la fachada, ventanas y paredes de mampostería, de igual manera tuberías, equipos de climatización con apoyos, por lo tanto, presentan un riesgo

ante un sismo y sus réplicas al momento de evacuar por las salidas de emergencia al personal y pacientes de estas instalaciones.

Existe un área destinada para los tanques de diésel, generador de energía y caldero, esta zona se encuentra restringida solo para personal autorizado, de modo que si no se aseguran o se anclan estos equipos puede causar un riesgo.

En las terrazas se halla antenas de telecomunicación y escaleras para acceder a estas, de tal manera si no se encuentran ancladas o sujetas puede provocar un peligro.

En la parte interna de los bloques se encuentra cielo raso con gypsum en todos los pisos al igual que ventanas y paredes de mampostería, en los pisos que están destinados para la parte administrativa, las oficinas se dividen por mamparas de madera y vidrio, lo cual en un evento sísmico pueden tener riesgo de caída al no contar con un buen soporte.

Igualmente se visualiza transformadores, equipo de climatización, tubería y ascensores, estos se localizan en el bloque central en las partes laterales junto a las escaleras desde planta baja hasta piso 4, si sufre eventualmente un sismo el ascensor se tiene a detenerse en el piso más cercano y abrir puertas para que las personas puedan evacuar, o puede tener un desperfecto técnico y quedarse sin funcionar, para ellos debe haber un mantenimiento cada cierto tiempo verificando que tenga un excelente funcionamiento. En la parte mobiliaria se observa escritorios, televisión, estanterías, computadores y accesorios, estos también pueden tener riesgo de caída ante un movimiento de superficie.

En las unidades de Laboratorio, Rayos X, Quirófano, Esterilización, Neonatología, Odontología, entre otras, existen paredes de mampostería, cielo raso, lámparas, suministros, equipos médicos e instrumentación donde al no estar sujetos o anclados, pueden caer al piso, esto puede producir daños graves en los inmuebles.

Tabla 32

Inspección del contenido del Hospital General II de Guayaquil

Tipo	Comentario	Fotografía
Hospital General II de Guayaquil		
Caldero	Al examinar el caldero, cuenta con conectores y ajustes en la superficie, se puede detectar un peligro al instante de una eventualidad, al considerar que el caldero se mueva y provoque que las conexiones y tuberías se revienten, debido a una falla en su anclaje.	
Generador de energía	El peligro que se detecta en el generador de energía es al momento de que se produzca un movimiento, este propende a moverse o desplazarse.	
Tanque de diésel	Si no cuenta con un buen anclaje, el peso del tanque al desplazarse puede chocar o agredir con otros objetos y personas.	
Ventanas y televisor	Ante una eventualidad el peligro existe si se trizan los vidrios y caen, por ende, debe existir soportes adecuados que aíslen a cada ventanilla.	

Tipo	Comentario	Fotografía
Hospital General II de Guayaquil		
Mamparas de madera y ventanas de vidrio	Las mamparas pueden presentar un peligro en pasillos o áreas de evacuación al momento se suscitarse un sismo, ya que pueden caer fragmentos de vidrio o sufrir daño por torsión.	
Cielo raso y lámparas	Debido al evento sísmico los paneles del cielo raso pueden caerse por la separación que existe entre estos, ya que son muy livianos y pueden estar inestables.	
Tuberías	Debido al movimiento la tubería puede sufrir daño en las conexiones como: en las uniones, ingresos por la mampostería, en columnas o vigas, entre otros.	
Equipos de climatización	Al no contar con apoyos fijos o anclados pueden caer o golpear a objetos y personas ante el movimiento sísmico, ya que se hallan en los exteriores e interiores del hospital.	
Ascensor	Ante un sismo el ascensor puede detenerse y encerrar a las personas que se encuentran dentro, por eso debe haber un mantenimiento técnico constante del mismo.	

Tipo	Comentario	Fotografía
Hospital General II de Guayaquil		
Escritorio y equipo de computación	Al no tener un apoyo fijo de los equipos, estos pueden caerse ante cualquier movimiento y romperse, se debe tener un respaldo de documentación de las computadoras.	

Hospital General III de Cuenca

En el Hospital General III de Cuenca se realizó un recorrido tanto por la zona externa como interna identificando ciertas características de acuerdo con la norma (FEMA E-74, 2012), por tal motivo se recalca los siguientes contenidos que se encontraron a lo largo de la inspección visual:

Se observa a simple vista que en los elementos de mampostería existen pizarras y accesorios con un anclaje deficiente, así mismo, las paredes dividen y secciona al hospital en distintas áreas, estas son de ladrillo y bloque de hormigón lo cual al momento de presenciar un evento sísmico puede causar un riesgo mayor como obstaculizar salidas de emergencia.

Las ventanas que se encuentran alrededor del hospital son de vidrio templado lo cual garantiza un riesgo menor, de igual forma el cielo falso conformado por gypsum se aprecia que no tiene una seguridad que garantice su estabilidad.

En el exterior del hospital se encuentra con zonas destinadas para almacenar calderas, generadores de energía, aire acondicionado sin un correcto anclaje ya sea al contrapiso o a la mampostería resaltando que la mampostería no cuenta con refuerzo.

Existe un área destinada para los tanques de oxígeno, pero se puede observar que se encuentra sujeta con una cadena, pero no está arriostrado en ambos sentidos lo cual puede causar un riesgo mayor.

Al interior de la estructura se puede detallar que el ascensor y el contrapeso se encuentran bien fijados a los rieles de guía, así mismo, las guías bien fijadas a la mampostería.

De igual forma se puede observar que en algunos departamentos las computadoras tanto monitores como impresoras no se encuentra ancladas a los escritorios, estanterías no cuentan con cuerdas elásticas para evitar que tanto los equipos como distintos químicos caigan y produzcan algún riesgo al personal que labora en dicho departamento.

Por último, en la zona exterior se puede observar que existen ductos de ventilación rectangulares y circulares que no se encuentra apoyados lateralmente en ambos sentidos y podrían causar un riesgo considerable al momento que existan un evento sísmico.

Tabla 33

Inspección del contenido del Hospital General III Cuenca

Tipo	Comentario	Fotografía
Hospital General III Cuenca		
Generador de energía	El peligro que se resalta en la zona para el generador de energía es que al ocurrir un evento sísmico este puede sufrir desplazamiento y no aportar con su función ya que sus anclajes se ven en mal estado.	
Tanque de gas	Tanques de gas doméstico sin ningún anclaje o adecuado arriostamiento, podría causar riesgos importantes al presenciar un sismo de magnitud alta.	

Tipo	Comentario	Fotografía
Hospital General III Cuenca		
Tanques de Oxígeno	Tanques de oxígeno sujetos con cadenas en la zona superior, sin embargo, se debería considerar anclajes o arriostramientos para evitar algún tipo de riesgo.	
Cielo raso y lámparas	En ciertas partes se podía observar que el cielo raso se había desprendido de su estructura, esto por no contar con cables de arriostramiento o puntales de compresión que ayuden a mantenerse en su correcta posición.	
Ductos de ventilación	Existe ductos de ventilación rectangulares y circulares que no se encuentra apoyados lateralmente en ambos sentidos y podrían causar un riesgo considerable al momento que existan un evento sísmico.	
Equipos de climatización	Aire acondicionado anclado al piso, este tiene un buen sistema de seguridad, pero se podría mejorar con arriostramientos laterales.	
Ascensor	A pesar de ser un hospital de dos pisos, cuenta con un ascensor en buenas condiciones tanto en su parte mecánica como estructural, pero ante un evento sísmico este	

Tipo	Comentario	Fotografía
Hospital General III Cuenca		
se puede atascar en medio de un traslado de un paciente o de personal médico.		

Identificación del tipo de estructura

Para determinar el tipo de estructura de los diferentes bloques presentes en los hospitales Navales y Generales, durante las inspecciones en campo se recorrió todas las instalaciones, accediendo al interior de las estructuras y a las terrazas, accesibles mediante escaleras colocadas en los costados de los bloques, tratando de establecer las características que permitan definir con certeza que tipo de estructura se estaba evaluando. A continuación, se detallan los resultados obtenidos.

Hospital Naval de Guayaquil

Según los diferentes tipos de estructuras definidos en la FEMA P-154, se realizó el recorrido externo e interno del hospital y se analizó paulatinamente el tipo de estructura, llegando a la conclusión de que la mayoría de bloques en el hospital tiene un sistema estructural compuesto por Pórticos de Hormigón Armado con Mampostería de Relleno sin Refuerzo (C3), sin embargo el bloque 3 cuenta con un reforzamiento estructural, lo cual compone reacondicionamiento sísmico completo visible desde el piso 1 hasta el piso 7.

Se destaca la información de la estructura para caracterizar que tipología se encontró en el sitio:

La cimentación de la estructura compone de acuerdo con el tipo de suelo suave, se detalla de una cimentación tipo profunda con pilotes sin sótano. Las columnas son de hormigón armado se encuentra visible en los diferentes bloques estructurales. Las vigas son embebidas en la losa y vigas descolgadas cubiertas por cielo raso.

La losa en los bloques es de hormigón armado y con terrazas accesibles, los bloques 2 y 3 no contemplan terrazas accesibles.

La presencia de parapetos de mampostería no reforzada se ubica en las terrazas accesibles, en base a la arquitectura del hospital siendo elementos arquitectónicos de interés decorativo en la fachada.

Por lo tanto, los bloques son de hormigón armado, pero existe una excepción en el bloque 3, ya que fue el bloque más afectado en el sismo del 16 de abril, lo cual no permitió su funcionamiento inmediato, por tal motivo es una estructura de hormigón armado con mampostería sin reforzamiento y consta de un reforzamiento estructural de vigas metálicas de perfil I y con un diafragma enlazado mediante elementos tipo “frame”.

Para el bloque que se encuentra realizado el reforzamiento estructural, se evaluara como una estructura tipo C3 indicando que consta de un reacondicionamiento sísmico completo el cual es visible.

A continuación, en la tabla 34 se detalla la tipología del sistema estructural para cada uno de los bloques del Hospital Naval de Guayaquil:

Tabla 34

Tipo de estructura Hospital Naval de Guayaquil.

Bloque	Símbolo	Tipología del Sistema Estructural
Bloques del 1 al 3	C3	Pórticos de Hormigón Armado con Mampostería de Relleno sin Refuerzo

Hospital Naval de Esmeraldas

Tomando en cuenta los diferentes tipos de estructura definidos según la FEMA P-154 se realizó un recorrido en todo el hospital y luego del análisis en campo se llegó a la conclusión de que la mayoría de bloques en este hospital tienen un sistema estructural compuesto por Pórticos de Hormigón Armado con Mampostería de Relleno sin Refuerzo (C3).

Las principales características que se observaron en los bloques para poder llegar a esta conclusión fueron:

Columnas de hormigón armado visibles en el interior y exterior de las estructuras con dimensiones considerables que destacaban de la mampostería. Vigas de hormigón armado cubiertas por cielo falso colocado en el tumbado, solo visibles en ciertos bloques.

Losas de hormigón armado visibles en las terrazas accesibles, así como en las secciones donde el cielo falso se encontraba desprendido.

Mampostería presente en los edificios, interna y externamente, presencia de parapetos y apéndices. De acuerdo con lo observado en las instalaciones y las averiguaciones realizadas la mampostería no había sido reforzada en manera alguna.

Adicionalmente, según lo observado, existe un bloque con una adición, es el bloque 5 del hospital naval de Esmeraldas el cual en su primer piso tiene un sistema estructural compuesto de columnas, vigas y losa de hormigón armado, sin embargo, en la terraza, la cual es accesible únicamente mediante escaleras colocadas en los costados de los bloques, está construida una cubierta de estructura metálica, con varias columnas de sección cuadrada que soportan una cercha en la cual se apoya una plancha metálica inclinada de una sola caída, que además presenta revestimiento lateral superior, que permite proteger diferentes equipos que se encuentran instalados en el techo. Esta adición tiene un sistema estructural conformado por Pórticos de Acero Livianos (S3). Para este bloque se realizará una evaluación con el formulario de nivel 1 para ambos tipos de estructura, una evaluación para el tipo C3 y otra para el tipo S3, se escogerá el puntaje más bajo que se obtenga y con ese resultado se realizará el formulario de nivel 2.

Por otro lado, el bloque 1 es una construcción mixta pues está conformado por columnas y vigas de hormigón armado, con mampostería de relleno sin refuerzo, sin embargo, su cubierta es metálica, para este caso se va a analizar al bloque como una estructura tipo (C3). Independientemente del puntaje final que se obtenga de los formularios, para este bloque

se va a recomendar una evaluación estructural detallada, ya que en campo no se pudo observar cómo se encuentra la conexión entre ambos sistemas estructurales debido a la presencia del cielo falso.

A continuación, en la tabla 35 se detalla la tipología del sistema estructural para cada uno de los bloques del Hospital Naval de Esmeraldas:

Tabla 35

Tipo de estructura Hospital Naval de Esmeraldas.

Bloque	Símbolo	Tipología del Sistema Estructural
Bloques del 1 al 12, excepto el bloque 5	C3	Pórticos de Hormigón Armado con Mampostería de Relleno sin Refuerzo
Bloque 5 primer piso	C3	Pórticos de Hormigón Armado con Mampostería de Relleno sin Refuerzo
Bloque 5 segundo piso (adición)	S3	Pórticos de Acero Livianos

Hospital General II de Guayaquil

Con los requerimientos establecidos por la FEMA P-154 de los diferentes tipos de estructura se hizo una impetuosa visualización externa de todos los bloques del hospital y se procedió a evaluar, de modo que el sistema estructural está constituido por tres bloques independientes en forma de H, los dos bloques laterales son pórticos de hormigón armado (C3) y el bloque central es un estructura mixta (S5), planta baja y primer piso son de hormigón armado, el segundo piso es de acero donde las oficinas administrativas de distribuyen por mamparas de madera.

Se destaca la información de la estructura para caracterizar que tipología se encontró en el sitio:

La cimentación de la estructura esta detallada de acuerdo con el tipo superficial con pilotes y sin sótano. Las columnas son de hormigón armado se encuentran visibles en el interior de la estructura. Las vigas son de hormigón armado cubiertas por cielo raso y tumbados

Las losas en los bloques son de hormigón armado y terrazas accesibles, algunas cubiertas inaccesibles.

Existen parapetos de mampostería no reforzada en terrazas y algunos lugares inaccesibles como techos, solo para una mejor presentación de fachada o cubrimiento.

Por lo general, los bloques son de hormigón armado, pero existen una excepción en el bloque central ya que la planta baja y primer piso es un sistema estructural de pórticos de hormigón armado con mampostería sin reforzamiento, y el segundo piso es columnas y vigas de acero, con mampostería de bloque, la losa recubierta de cielo raso, el interior de este piso está distribuido en oficinas con mamparas de madera y ventanas.

Para este bloque se realizará una evaluación con el formulario de nivel 1, para ambos tipos de estructura, una evaluación para el tipo C3 y otra para el tipo S5, se escogerá el puntaje más bajo que se obtenga y con ese resultado se realizará el formulario de nivel 2.

A continuación, en la tabla 36 se detalla la tipología del sistema estructural para cada uno de los bloques del Hospital General II de Guayaquil:

Tabla 36

Tipo de estructura Hospital General II de Guayaquil.

Bloque	Símbolo	Tipología del Sistema Estructural
Bloques laterales	C3	Pórticos de Hormigón Armado con Mampostería de Relleno sin Refuerzo
Bloque central, planta baja y primer piso	C3	Pórticos de Hormigón Armado con Mampostería de Relleno sin Refuerzo

Bloque	Símbolo	Tipología del Sistema Estructural
Bloque central segundo piso	S5	Pórtico Acero con paredes de mampostería de bloque

Hospital General III Cuenca

De acuerdo con los formularios que comparte la FEMA P-154 para la evaluación de la estructura se realiza un recorrido por todos los bloques que forman parte del Hospital con el fin de observar el sistema estructural con el que fue diseñado, los 5 bloques que conforman al hospital cuentan con un sistema compuesto por Pórticos de Hormigón Armado con Mampostería de Relleno sin Refuerzo (C3).

Las características que se visualizaron y se pudieron llegar a definir el tipo de sistema estructural del hospital son:

Cuenta con columnas de hormigón armado de dimensiones importantes que se visualiza fácilmente tanto dentro como fuera de la estructura, vigas de hormigón armado que no se podían observar a simple vista en la zona interna de la estructura ya que se encuentran cubiertas por cielo falso, pero por el exterior se logra visualizar en ciertas zonas, adicional se visualiza cartelas en uno de los cinco bloques.

Losas de hormigón armado detectadas a simple vista tanto en pequeños volados y terraza accesible, difícil de visualizar dentro de la estructura ya que cuenta con cielo falso.

Todos los bloques cuentan con mampostería sin refuerzo tanto en la zona interna como externa, adicional cuenta con parapetos y apéndices en el perímetro del hospital.

A continuación, en la tabla 37 se detalla la tipología del sistema estructural para cada uno de los bloques del Hospital General III Cuenca:

Tabla 37

Tipo de estructura Hospital General III Cuenca.

Bloque	Símbolo	Tipología del Sistema Estructural
Bloques del 1 al 5	C3	Pórticos de Hormigón Armado con Mampostería de Relleno sin Refuerzo

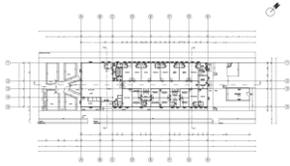
Irregularidades

Durante la realización de las inspecciones visuales rápidas se determinaron las diferentes irregularidades que presentan cada una de las estructuras de los Hospitales Navales y Generales, para poder definir los puntajes y modificadores en el formulario que presenta la FEMA P-154 con el fin de obtener los puntajes finales para cada edificación. A continuación, en las tablas 38, 39, 40 y 41 se detallan todas las irregularidades encontradas de manera general en los diferentes hospitales sin hacer distinción del bloque al cual pertenecen. Esta distinción se puede observar en la parte de anexos, en donde se encuentran los formularios de cada bloque de los diferentes hospitales.

Tabla 38

Irregularidades Hospital Naval de Guayaquil.

Condición	Comentario	Fotografía
Irregularidades Verticales		
Pendiente en Sitio	NO	-
Piso Débil y/o Blando	SI – Planta baja tiene menos paredes que el primer piso en el bloque 1	

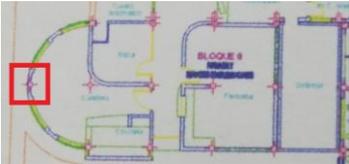
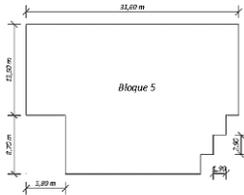
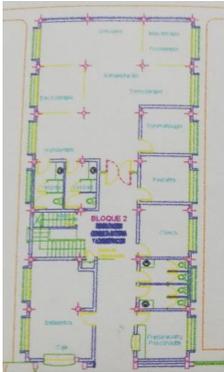
Condición	Comentario	Fotografía
Retrocesos	SI – Fuera de plano, en el bloque 2	
Columna/Pilar Corto	NO	-
Nivel Dividido	NO	-
Otra Irregularidad	-	-
Irregularidad en planta		
Irregularidad Torsional	NO	-
Sistema No Paralelo	NO	-
Esquina Reentrante	SI – Esquina reentrante en el bloque 1 y en forma de L en el bloque 2	
Apertura de Diafragma	NO	-
Edificio C1, C2 con desfase fuera del plano	NO	-
Otra Irregularidad	NO	-
Otros		
Redundancia	SI - El edificio tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	

Condición	Comentario	Fotografía
Golpeteo	NO	-
Edificios de mampostería no reforzada (URM)	NO	-
Reacondicionamiento	SI – Es visible en el bloque 3	

Tabla 39

Irregularidades Hospital Naval de Esmeraldas.

Condición	Comentario	Fotografía
Irregularidades Verticales		
Pendiente en Sitio	NO	-
Piso Débil y/o Blando	NO	-
Retrocesos	NO	-
Columna/Pilar Corto	SI – Hay paredes de relleno que acortan la columna	
Nivel Dividido	SI – Hay un nivel dividido en el techo	

Condición	Comentario	Fotografía
Otra Irregularidad	NO	-
Irregularidad en planta		
Irregularidad Torsional	NO	-
Sistema No Paralelo	SI - Hay uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.	
Esquina Reentrante	SI - Ambas proyecciones de una esquina interior superan el 25% de la dimensión total en planta en esa dirección.	 Vista en Planta
Apertura de Diafragma	NO	-
Edificio C1, C2 con desfase fuera del plano	NO	-
Otra Irregularidad	NO	-
Otros		
Redundancia	SI - El edificio tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	

Condición	Comentario	Fotografía
Golpeteo	SI - Los pisos no se alinean verticalmente dentro del rango de 0,60m. El edificio está al final de la cuadra o filas del edificio	
Edificios de mampostería no reforzada (URM)	NO	-
Reacondicionamiento	NO	-

Tabla 40

Irregularidades Hospital General II de Guayaquil.

Condición	Comentario	Fotografía
Irregularidades Verticales		
Pendiente en Sitio	NO	-
Piso Débil y/o Blando	SI – Planta baja tiene menos paredes que el primer piso en el bloque central	
Retrocesos	SI – Fuera de plano, en los bloques laterales (pisos superiores se proyectan en el espacio más pequeño de la planta baja), en el	

Condición	Comentario	Fotografía
	<p>bloque central (desde el segundo piso)</p> <p>Bloque lateral izquierdo se divide en dos partes: 4P+terracea y 3P+terracea</p> <p>Bloque lateral derecho se divide en dos partes: 5P y 4P+terracea</p>	
Columna/Pilar Corto	SI – Hay paredes de relleno que acortan la columna	
Nivel Dividido	NO	-
Otra Irregularidad	NO	-
Irregularidad en planta		
Irregularidad Torsional	NO	-
Sistema No Paralelo	NO	-
Esquina Reentrante	NO	-
Apertura de Diafragma	NO	-
Edificio C1, C2 con desfase fuera del plano	NO	-
Otra Irregularidad	NO	-

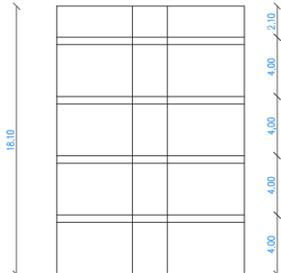
Condición	Comentario	Fotografía
Otros		
Redundancia	SI - El edificio tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	
Golpeteo	NO	-
Edificios de mampostería no reforzada (URM)	NO	-
Reacondicionamiento	NO	-

Tabla 41*Irregularidades Hospital General III Cuenca.*

Condición	Comentario	Fotografía
Irregularidades Verticales		
Pendiente en Sitio	NO	-
Piso Débil y/o Blando	SI - La altura de un piso es entre 1,3 y 2,0 veces la altura del piso superior.	
Retrocesos	NO	-

Condición	Comentario	Fotografía
Columna/Pilar Corto	SI – Hay paredes de relleno que acortan la columna	
Nivel Dividido	SI – Hay un nivel dividido en el piso de bloque a bloque	
Otra Irregularidad	-	-
Irregularidad en planta		
Irregularidad Torsional	NO	-
Sistema No Paralelo	NO	-
Esquina Reentrante	NO	-
Apertura de Diafragma	NO	-
Edificio C1, C2 con desfase fuera del plano	NO	-
Otra Irregularidad	NO	-
Otros		

Condición	Comentario	Fotografía
Redundancia	SI - El edificio tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	
Golpeteo	SI - Los pisos no se alinean verticalmente.	
Edificios de mampostería no reforzada (URM)	NO	-
Reacondicionamiento	NO	-

Otros riesgos y alcance de la inspección

A continuación, en las tablas 42, 43, 44 y 45 se detalla el alcance la inspección realizada, junto con datos que permitan confirmar la veracidad de la información recopilada, así como la existencia de otros riesgos que afecten al sistema estructural de las edificaciones.

Tabla 42

Otros Riesgos y Alcance de la Inspección Hospital Naval de Guayaquil.

Referencia	Información
Otros Riesgos	
Daño significativo/deterioro del sistema estructural	SI – Se contempla daños significativos, pero se realizó el respectivo reforzamiento en el bloque 3
Alcance de la Inspección	

Referencia	Información
Exterior	Todos los lados
Interior	Ingreso a secciones permitidas
Planos revisados	NO – Transición en cambio de personal administrativo no contemplan planos
Fuente del tipo de suelo	Estudio de Microzonificación Sísmica y Geotécnica de la Ciudad de Guayaquil Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015, e informe geotécnico de la empresa GEOESTUDIOS S.A
Persona de Contacto	-

Tabla 43

Otros Riesgos y Alcance de la Inspección Hospital Naval de Esmeraldas.

Referencia	Información
Otros Riesgos	
Daño significativo/deterioro del sistema estructural	NO
Alcance de la Inspección	
Exterior	Todos los lados
Interior	Ingreso a secciones permitidas
Planos revisados	SI – Únicamente planos arquitectónicos y de instalaciones, no estructurales
Fuente del tipo de suelo	Estudio de Microzonificación Sísmica y Geotécnica de la Ciudad de Esmeraldas Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015

Referencia	Información
Persona de Contacto	-

Tabla 44

Otros Riesgos y Alcance de la Inspección Hospital General II de Guayaquil.

Referencia	Información
Otros Riesgos	
Daño significativo/deterioro del sistema estructural	NO
Alcance de la Inspección	
Exterior	Todos los lados
Interior	Ingreso a secciones permitidas
Planos revisados	SI – Únicamente planos arquitectónicos
Fuente del tipo de suelo	Estudio de Microzonificación Sísmica y Geotécnica de la ciudad de Guayaquil Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011
Persona de Contacto	-

Tabla 45

Otros Riesgos y Alcance de la Inspección Hospital General III Cuenca

Referencia	Información
Otros Riesgos	
Daño significativo/deterioro del sistema estructural	NO
Alcance de la Inspección	

Exterior	Todos los lados
Interior	Ingreso a secciones permitidas
Planos revisados	NO – No cuentan con planos del Hospital
Fuente del tipo de suelo	Dimensionamiento geotécnico de cimentaciones superficiales en las unidades geotécnicas de la ciudad de Cuenca. Determinación de espectros de respuesta y espectros de diseño elásticos e inelásticos para la ciudad de Cuenca.
Persona de Contacto	-

Puntajes básicos, modificadores Nivel 1 y Nivel 2

Se procedió a evaluar cada uno de los bloques con los diferentes formularios para la obtención de los puntajes básicos del nivel 1. Y para el nivel 2 se realiza un reajuste mediante los modificadores de puntaje.

Hospital Naval de Guayaquil

Tabla 46

Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 1

Tema/Instrucción	Puntaje
Puntaje básico	1,2
Irregularidad vertical Moderada, V_{L1}	-0,4
Irregularidad en Planta, P_{L1}	-0,5
Pre-código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción	-0,1
Suelo Tipo E (1-3 Pisos)	-0,2
Puntaje final nivel 1, $S_{L1} > S_{MIN}$:	0,0

Tema/Instrucción	Puntaje
Puntaje Mínimo (S_{MIN}):	0,3

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 47

Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 1

Tema	Instrucción	Puntaje
Puntuación de Nivel Final 1:	$S_{L1} =$	0,0
Modificadores de irregularidad de nivel 1:	Irregularidad vertical, $V_{L1} =$	-0,4
	Irregularidad en Planta $P_{L1} =$	-0,5
Puntuación de línea de base ajustada	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	0,9
Irregularidad Vertical, V_{L2}	Edificio no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso está entre el 50% y el 75% la longitud del piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1,3 y 2,0 veces la altura del piso superior.	-0,5
Irregularidad en Planta, V_{L2}	Esquina entrante: Ambas proyecciones de una esquina interior superan el 25% de la dimensión total en planta en esa dirección.	-0,2

Tema	Instrucción	Puntaje
Redundancia	El edificio tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	0,2
Puntaje final Nivel 2, $S_{L2} = (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$:		0,4

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 48

Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 2

Tema/Instrucción	Puntaje
Puntaje básico	1,2
Irregularidad vertical Moderada, V_{L1}	-0,4
Irregularidad en Planta, P_{L1}	-0,5
Pre-código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción	-0,1
Suelo Tipo E (1-3 Pisos)	-0,2
Puntaje final nivel 1, $S_{L1} > S_{MIN}$:	0,0
Puntaje Mínimo (S_{MIN}):	0,3

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 49

Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 2

Tema	Instrucción	Puntaje
Puntuación de Nivel Final 1:	$S_{L1} =$	0,0
Modificadores de irregularidad de nivel 1:	Irregularidad vertical, $V_{L1} =$	-0,4
	Irregularidad en Planta $P_{L1} =$	-0,5
Puntuación de línea de base ajustada	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	0,9
Irregularidad Vertical, V_{L2}	Entradas lateral en un piso superior están situándose en el interior del piso inferior.	-1,0
Irregularidad en Planta, V_{L2}	Esquina entrante: Ambas proyecciones de una esquina interior superan el 25% de la dimensión total en planta en esa dirección.	-0,2
Redundancia	El edificio tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	0,2
Puntaje final Nivel 2, $S_{L2} = (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$:		-0,1
Puntaje Mínimo (S_{MIN}):		0,3

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 50

Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 3

Tema/Instrucción	Puntaje
Puntaje básico	1,2
Pre-código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción	-0,1
Suelo Tipo E (1-3 Pisos)	-0,2
Puntaje final nivel 1, $S_{L1} > S_{MIN}$:	0,9

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 51

Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 3

Tema	Instrucción	Puntaje
Puntuación de Nivel Final 1:	$S_{L1} =$	0,9
Modificadores de irregularidad de nivel 1:	Irregularidad vertical, $V_{L1} =$	0,0
	Irregularidad en Planta $P_{L1} =$	0,0
Puntuación de línea de base ajustada	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	0,9
Irregularidad en Planta, V_{L2}	Esquina entrante: Ambas proyecciones de una esquina interior superan el 25% de la dimensión total en planta en esa dirección.	-0,2

Tema	Instrucción	Puntaje
Redundancia	El edificio tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	0,2
Modificación	El reacondicionamiento sísmico completo es visible o conocido a partir de planos	1,2
Puntaje final Nivel 2, $S_{L2} = (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$:		2,1

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Hospital Naval de Esmeraldas

En las siguientes tablas se detallan los puntajes y modificadores de los formularios Nivel 1 y 2 para los bloques del Hospital Naval de Esmeraldas que presentan características más relevantes. Se toma en cuenta que está ubicado en una zona de muy alta sismicidad. En los formularios de muy alta sismicidad, para el nivel 2 se tiene un límite de -0,9 para irregularidad vertical V_{L2} y de -0,7 para irregularidad en planta P_{L2} .

Tabla 52

Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 1

Tema/Instrucción	Puntaje
Puntaje básico	0,9
Irregularidad vertical Grave, V_{L1}	-0,6
Construido en etapa de transición (desde 2001 pero antes de 2015)	0,0
Suelo Tipo D	0,0
Puntaje final nivel 1, $S_{L1} > S_{MIN}$:	0,3
Puntaje Mínimo (S_{MIN}):	0,3

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 53

Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 1

Tema	Instrucción	Puntaje	
Puntuación de Nivel Final 1:	$S_{L1} =$	0,3	
Modificadores de irregularidad de nivel 1:	Irregularidad vertical, $V_{L1} =$	-0,6	
	Irregularidad en Planta $P_{L1} =$	0,0	
Puntuación de línea de base ajustada	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	0,9	
Irregularidad Vertical, V_{L2}	Columna corta / Pilar Corto	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: La altura de la columna (o pilar) es menor a la mitad de la altura del antepecho, o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan la columna.	-0,4
	Nivel Dividido	Hay un nivel dividido en uno de los niveles del suelo o en el techo.	-0,4
Redundancia	El edificio tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	0,2	

Golpeteo	Los pisos no se alinean verticalmente dentro del rango de 0,60m.	-0,7
Puntaje final Nivel 2, $S_{L2} (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$:		-0,4
Puntaje Mínimo (S_{MIN}):		0,3

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 54

Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 3

Tema/Instrucción	Puntaje
Puntaje básico	0,9
Irregularidad vertical Grave, V_{L1}	-0,6
Construido en etapa de transición (desde 2001 pero antes de 2015)	0,0
Suelo Tipo D	0,0
Puntaje final nivel 1, $S_{L1} > S_{MIN}$:	0,3
Puntaje Mínimo (S_{MIN}):	0,3

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 55

Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 3

Tema	Instrucción	Puntaje
Puntuación de Nivel Final 1:	$S_{L1} =$	0,3

Modificadores			
de irregularidad		Irregularidad vertical, $V_{L1} =$	-0,6
de nivel 1:		Irregularidad en Planta $P_{L1} =$	0,0
Puntuación de			
línea de base		$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	0,9
ajustada			
Irregularidad	Columna corta /	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: La	
Vertical, V_{L2}	Pilar Corto	altura de la columna (o pilar) es menor a la mitad de la altura del antepecho, o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan la columna.	-0,4
Redundancia		El edificio tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	0,2
Puntaje final Nivel 2, $S_{L2} (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$:			0,7

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 56

Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 5

Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) Nivel 1 C3 (URM INF)	
Puntaje básico	0,9
Irregularidad vertical Grave, V_{L1}	-0,6

Irregularidad en planta, P_{L1}	-0,3
Construido en etapa de transición (desde 2001 pero antes de 2015)	0,0
Suelo Tipo D	0,0
Puntaje final nivel 1, $S_{L1} > S_{MIN}$:	0,0
Puntaje Mínimo (S_{MIN}):	0,3

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 57

Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 5

Tema	Instrucción	Puntaje
Puntuación de Nivel Final 1:	$S_{L1} =$	0,0
Modificadores de irregularidad de nivel 1:	Irregularidad vertical, $V_{L1} =$	-0,6
	Irregularidad en Planta $P_{L1} =$	-0,3
Puntuación de línea de base ajustada	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	0,9
Irregularidad Vertical, V_{L2}	Columna corta / Pilar Corto C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: La altura de la columna (o pilar) es menor a la mitad de la altura del antepecho, o hay	-0,4

Tema	Instrucción	Puntaje
	paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan la columna.	
Nivel Dividido	Hay un nivel dividido en uno de los niveles del suelo o en el techo.	-0,4
Irregularidad en Planta, P_{L2}	Esquina entrante: Ambas proyecciones de una esquina interior superan el 25% de la dimensión total en planta en esa dirección.	-0,2
Redundancia	El edificio tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	0,2
Golpeteo	Los pisos no se alinean verticalmente dentro del rango de 0,60m.	-0,7
Puntaje final Nivel 2, $S_{L2} (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$:		-0,6
Puntaje Mínimo (S_{MIN}):		0,3

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 58

Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (S3) Nivel 1 del bloque 5

Tema/Instrucción	Puntaje
Puntaje básico	1,6
Irregularidad vertical Grave, V_{L1}	-0,8
Irregularidad en planta, P_{L1}	-0,6
Construido en etapa de transición (desde 2001 pero antes de 2015)	0,0
Suelo Tipo D	0,0

Puntaje final nivel 1, $S_{L1} > S_{MIN}$:	0,2
Puntaje Mínimo (S_{MIN}):	0,5

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 59

Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 5

Tema	Instrucción	Puntaje	
Puntuación de Nivel Final 1:	$S_{L1} =$	0,2	
Modificadores de irregularidad de nivel 1:	Irregularidad vertical, $V_{L1} =$	-0,8	
	Irregularidad en Planta $P_{L1} =$	-0,6	
Puntuación de línea de base ajustada	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	1,6	
Irregularidad Vertical, V_{L2}	Columna corta / Pilar Corto	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: La altura de la columna (o pilar) es menor a la mitad de la altura del antepecho, o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan la columna.	-0,4
	Nivel Dividido	Hay un nivel dividido en uno de los niveles del suelo o en el techo.	-0,4
Irregularidad en Planta, P_{L2}	Esquina entrante: Ambas proyecciones de una esquina interior superan el 25% de la dimensión total en planta en esa dirección.	-0,2	

Redundancia	El edificio tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	0,2
Golpeteo	Los pisos no se alinean verticalmente dentro del rango de 0,60m.	-0,7
Puntaje final Nivel 2, $S_{L2} (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$:		0,1
Puntaje Mínimo (S_{MIN}):		0,5

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 60

Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 9

Tema/Instrucción	Puntaje
Puntaje básico	0,9
Irregularidad vertical Grave, V_{L1}	0,0
Construido en etapa de transición (desde 2001 pero antes de 2015)	0,0
Suelo Tipo D	0,0
Puntaje final nivel 1, $S_{L1} > S_{MIN}$:	0,9
Puntaje Mínimo (S_{MIN}):	0,3

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 61

Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 9

Tema	Instrucción	Puntaje
------	-------------	---------

Puntuación de		
Nivel Final 1:	$S_{L1} =$	0,9
Modificadores	Irregularidad vertical, $V_{L1} =$	0,0
de irregularidad		
de nivel 1:	Irregularidad en Planta $P_{L1} =$	0,0
Puntuación de		
línea de base	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	0,9
ajustada		
Redundancia	El edificio tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	0,2
Puntaje final Nivel 2, $S_{L2} (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$:		1,1

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Hospital General II de Guayaquil

En los formularios de alta sismicidad, para el formulario 1 de acuerdo con la tipología de estructura se tiene como C3 con un puntaje básico mínimo de $S_{MIN} = 0,3$; para el nivel 2 se tiene un límite de -1,2 para irregularidad vertical V_{L2} y de -1,1 para irregularidad en planta P_{L2} .

Tabla 62

Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque lateral derecho

Tema/Instrucción	Puntaje
Puntaje básico	1,2

Irregularidad vertical Grave, V_{L1}	-0,7
Pre-código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción	-0,1
Tipo de suelo E (>3 Pisos)	-0,3
Puntaje final nivel 1, $S_{L1} > S_{MIN}$:	0,1
Puntaje Mínimo (S_{MIN}):	0,3

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 63

Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque lateral derecho

Tema	Instrucción	Puntaje
Puntuación de Nivel Final 1:	$S_{L1} =$	0,1
Modificadores de irregularidad de nivel 1:	Irregularidad vertical, $V_{L1} =$	-0,7
	Irregularidad en Planta $P_{L1} =$	0,0
Puntuación de línea de base ajustada	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	0,8
Irregularidad Vertical, $VL2$	Entradas Los elementos verticales del sistema lateral situados en un piso superior están	-1,0

Tema	Instrucción	Puntaje
	afuera del piso inferior causando un diafragma en voladizo en el desfase. Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están situados en el interior del piso inferior.	-0,5
Columna corta / Pilar Corto	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: La altura de la columna (o pilar) es menor a la mitad de la altura del antepecho, o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan la columna.	-0,5
Redundancia	El edificio tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	0,2
Puntaje final Nivel 2, $S_{L2} (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$:		-0,2
Puntaje Mínimo (S_{MIN}):		0,3

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 64

Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque central

Tema/Instrucción	Puntaje
Puntaje básico	1,2
Irregularidad vertical Grave, V_{L1}	-0,7
Pre-código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción	-0,1

Tema/Instrucción	Puntaje
Suelo Tipo E (1-3Pisos)	-0,2
Puntaje final nivel 1, $S_{L1} > S_{MIN}$:	0,2
Puntaje Mínimo (S_{MIN}):	0,3

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 65

Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque central

Tema	Instrucción	Puntaje
Puntuación de Nivel Final 1:	$S_{L1} =$	0,2
Modificadores de irregularidad de nivel 1:	Irregularidad vertical, $V_{L1} =$	-0,7
	Irregularidad en Planta $P_{L1} =$	0,0
Puntuación de línea de base ajustada	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	0,9
Irregularidad Vertical, V_{L2}	Edificio no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso está entre el 50% y el 75% la longitud del piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1,3 y 2,0 veces la altura del piso superior.	-0,5
	Piso blando y/o débil (circule <i>un máximo</i>)	

Tema	Instrucción	Puntaje
	Los elementos verticales del sistema	
	Entradas lateral en un piso superior están situados en el interior del piso inferior.	-0,5
Redundancia	El edificio tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	0,2
Puntaje final Nivel 2, $S_{L2} (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$:		0,1
Puntaje Mínimo (S_{MIN}):		0,3

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 66

Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque lateral izquierdo

Tema/Instrucción	Puntaje
Puntaje básico	1,2
Irregularidad vertical Grave, V_{L1}	-0,7
Pre-código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción	-0,1
Tipo de suelo E (>3 Pisos)	-0,3
Puntaje final nivel 1, $S_{L1} > S_{MIN}$:	0,1
Puntaje Mínimo (S_{MIN}):	0,3

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 67

Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque lateral izquierdo

Tema	Instrucción	Puntaje	
Puntuación de Nivel Final 1:	$S_{L1} =$	0,1	
Modificadores de irregularidad de nivel 1:	Irregularidad vertical, $V_{L1} =$	-0,7	
	Irregularidad en Planta $P_{L1} =$	0,0	
Puntuación de línea de base ajustada	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	0,8	
Irregularidad Vertical, V_{L2}	Entradas	Los elementos verticales del sistema lateral situados en un piso superior están afuera del piso inferior causando un diafragma en voladizo en el desfase.	-1,0
		Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están situados en el interior del piso inferior.	-0,5
Redundancia	El edificio tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	0,2	
Puntaje final Nivel 2, $S_{L2} (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$:		-0,2	
Puntaje Mínimo (S_{MIN}):		0,3	

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Hospital General III de Cuenca

En base a los análisis realizados se determinó que para la ciudad de Cuenca se va utilizar un formulario de sismicidad moderadamente alta en el cual se realizó la respectiva calificación, tomando en cuenta que al evaluar el formulario nivel 1 se tiene que para estructuras Tipo C3 se cuenta con un puntaje mínimo de $S_{MIN} = 0,3$; así mismo en el formulario de nivel 2 se tiene un límite de -1,4 para irregularidad vertical V_{L2} y de -1,4 para irregularidad en planta P_{L2} .

Tabla 68

Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 1

Tema/Instrucción	Puntaje
Puntaje básico	1,4
Irregularidad vertical Grave, V_{L1}	-0,8
Pre - código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción	-0,1
Tipo de suelo A o B	0,7
Puntaje final nivel 1, $S_{L1} > S_{MIN}$:	1,2

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 69

Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 1

Tema	Instrucción	Puntaje
Puntuación de Nivel Final 1:	$S_{L1} =$	1,2
Modificadores de irregularidad de nivel 1:	Irregularidad vertical, $V_{L1} =$	-0,8
	Irregularidad en Planta $P_{L1} =$	0,0
Puntuación de línea de base ajustada	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	2,0
Irregularidad Vertical, V_{L2}	<p>Columna corta / Pilar corto</p> <p>C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: La altura de la columna (o pilar) es menor a la mitad de la altura del antepecho, o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan la columna.</p>	-0,5
	Nivel dividido	-0,6
Redundancia	El edificio tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	0,4
Golpeteo	Los pisos no se alinean verticalmente dentro del rango de 0,60m	-1,2
Puntaje final Nivel 2, $S_{L2} (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$:		0,1
Puntaje Mínimo (S_{MIN}):		0,3

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 70

Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 2

Tema/Instrucción	Puntaje
Puntaje básico	1,4
Irregularidad vertical Grave, V_{L1}	-0,8
Pre - código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción	-0,1
Tipo de suelo A o B	0,7
Puntaje final nivel 1, $S_{L1} > S_{MIN}$:	1,2

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 71

Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 2

Tema	Instrucción	Puntaje
Puntuación de Nivel Final 1:	$S_{L1} =$	1,2
Modificadores de irregularidad de nivel 1:	Irregularidad vertical, $V_{L1} =$	-0,8
	Irregularidad en Planta $P_{L1} =$	0,0

Tema	Instrucción	Puntaje
Puntuación de		
línea de base ajustada	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	2,0
Irregularidad Vertical, VL2	Piso blando y/o débil (circule un máximo) . Edificio no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso está entre el 50% y el 75% la longitud del piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1,3 y 2,0 veces la altura del piso superior.	-0,6
Redundancia	El edificio tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	0,4
Puntaje final Nivel 2, $S_{L2} (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$:		1,8

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 72

Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 3

Tema/Instrucción	Puntaje
Puntaje básico	1,4
Irregularidad vertical Moderada, VL1	-0,5
Pre - código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción	-0,1
Tipo de suelo A o B	0,7

Tema/Instrucción	Puntaje
Puntaje final nivel 1, $S_{L1} > S_{MIN}$:	1,5

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 73

Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 3

Tema	Instrucción	Puntaje
Puntuación de Nivel Final 1:	$S_{L1} =$	1,5
Modificadores de irregularidad de nivel 1:	Irregularidad vertical, $V_{L1} =$	-0,8
	Irregularidad en Planta $P_{L1} =$	0,0
Puntuación de línea de base ajustada	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	2,3
Irregularidad Vertical, $VL2$	Nivel dividido Hay un nivel dividido en uno de los niveles de suelo o en el techo	-0,6
Redundancia	El edificio tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	0,4
Golpeteo	Los pisos no se alinean verticalmente dentro del rango de 0,60m	-1,2
Puntaje final Nivel 2, $S_{L2} (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$:		0,9

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 74

Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 4

Tema/Instrucción	Puntaje
Puntaje básico	1,4
Irregularidad vertical Grave, V_{L1}	-0,8
Pre - código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción	-0,1
Tipo de suelo A o B	0,7
Puntaje final nivel 1, $S_{L1} > S_{MIN}$:	1,2

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 75

Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 4

Tema	Instrucción	Puntaje
Puntuación de Nivel Final 1:	$S_{L1} =$	1,2
Modificadores de irregularidad de nivel 1:	Irregularidad vertical, $V_{L1} =$	-0,8
	Irregularidad en Planta $P_{L1} =$	0,0

Tema	Instrucción	Puntaje
Puntuación de		
línea de base ajustada	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	2,0
Irregularidad Vertical, <i>VL2</i>	Columna corta / Pilar corto C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: La altura de la columna (o pilar) es menor a la mitad de la altura del antepecho, o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan la columna.	-0,5
Redundancia	Nivel dividido El edificio tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	-0,6 0,4
Golpeteo	Los pisos no se alinean verticalmente dentro del rango de 0,60m	-1,2
Puntaje final Nivel 2, $S_{L2} (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$:		0,1
Puntaje Mínimo (S_{MIN}):		0,3

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 76

Parámetros calificativos de la estructura (tipo de edificio FEMA) (C3) Nivel 1 del bloque 5

Tema/Instrucción	Puntaje
Puntaje básico	1,4
Irregularidad vertical Grave, V_{L1}	-0,8
Pre - código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción	-0,1
Tipo de suelo A o B	0,7
Puntaje final nivel 1, $S_{L1} > S_{MIN}$:	1,2

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Tabla 77

Modificadores estructurales para agregar al puntaje básico ajustado Nivel 2 del bloque 5

Tema	Instrucción	Puntaje
Puntuación de Nivel Final 1:	$S_{L1} =$	1,2
Modificadores de irregularidad de nivel 1:	Irregularidad vertical, $V_{L1} =$	-0,8
	Irregularidad en Planta $P_{L1} =$	0,0
Puntuación de línea de base ajustada	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	2,0

Tema	Instrucción	Puntaje	
Irregularidad Vertical, V_{L2}	Columna corta / Pilar corto	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: La altura de la columna (o pilar) es menor a la mitad de la altura del antepecho, o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan la columna.	-0,5
	Nivel dividido	Hay un nivel dividido en uno de los niveles de suelo o en el techo	-0,6
Redundancia	El edificio tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	0,4	
Golpeteo	Los pisos no se alinean verticalmente dentro del rango de 0,60m	-1,2	
Puntaje final Nivel 2, $S_{L2} (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$:		0,1	
Puntaje Mínimo (S_{MIN}):		0,3	

Nota. Esta tabla es una recopilación de datos de FEMA P-154 modificado en el 2021. Tomado de Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15, 2015).

Puntajes finales formularios Nivel 1 y 2

De acuerdo con el análisis realizado en las tablas antes mostradas y tomando en cuenta todo lo mencionado en secciones anteriores se procedió a determinar los puntajes finales, para los formularios de nivel 1 y mediante los modificadores establecidos por las normas, el puntaje de los formularios nivel 2, para cada uno de los bloques existentes en los diferentes hospitales estudiados. En las tablas 78, 79, 80 y 81 mostradas a continuación, se detallan los puntajes obtenidos a partir de los formularios establecidos en las normas y se muestra el grado de vulnerabilidad sísmica determinado, tomando en cuenta que el puntaje si es menor a 2 se

considera alta vulnerabilidad y requiere una evaluación especial, si se encuentra entre 2 a 2,5 la edificación tendrá una vulnerabilidad media y por último si el puntaje de corte es mayor a 2,5 la estructura cuenta con una baja vulnerabilidad (MIDUVI & CAMICOM, 2016).

Los formularios de cada uno de los bloques se encuentran en la sección de apéndices, en ellos se hace alusión a las características y detalles encontrados durante las inspecciones realizadas en campo. Es así como los formularios del Hospital Naval de Guayaquil se encuentran en el Apéndice A, los archivos del Hospital Naval de Esmeraldas en el Apéndice B, los archivos del Hospital General II de Guayaquil en el Apéndice C y en el Apéndice D lo correspondiente al Hospital General III de Cuenca.

Tabla 78

Puntajes finales Hospital Naval de Guayaquil.

Bloque	Puntaje formulario	Puntaje formulario	Grado de Vulnerabilidad
	nivel 1	nivel 2	Sísmica
1	0,3	0,4	Alta Vulnerabilidad
2	0,3	0,3	Alta Vulnerabilidad
3	0,9	2,1	Media Vulnerabilidad

Tabla 79

Puntajes finales Hospital Naval de Esmeraldas.

Bloque	Puntaje formulario	Puntaje formulario	Grado de Vulnerabilidad
	nivel 1	nivel 2	Sísmica
1	0,3	0,3	Alta Vulnerabilidad
2	0,3	0,3	Alta Vulnerabilidad
3	0,3	0,7	Alta Vulnerabilidad
4	0,3	0,3	Alta Vulnerabilidad

Bloque	Puntaje formulario	Puntaje formulario	Grado de Vulnerabilidad
	nivel 1	nivel 2	Sísmica
5 (C3)	0,3	0,3	Alta Vulnerabilidad
5 (S3)	0,5	0,5	Alta Vulnerabilidad
6	0,3	0,7	Alta Vulnerabilidad
7	0,3	0,7	Alta Vulnerabilidad
8	0,6	0,9	Alta Vulnerabilidad
8 (adición)	0,3	0,3	Alta Vulnerabilidad
9	0,9	1,1	Alta Vulnerabilidad
10	0,3	0,7	Alta Vulnerabilidad
11	0,3	0,7	Alta Vulnerabilidad
12	0,3	0,7	Alta Vulnerabilidad

Tabla 80

Puntajes finales Hospital General II de Guayaquil.

Bloque	Puntaje formulario	Puntaje formulario	Grado de Vulnerabilidad
	nivel 1	nivel 2	Sísmica
Bloque central PB y 1P (C3)	0,3	0,3	Alta Vulnerabilidad
Bloque central 2P (S5)	0,5	0,5	Alta Vulnerabilidad
Bloque lateral izquierdo	0,3	0,3	Alta Vulnerabilidad
Bloque lateral derecho	0,3	0,3	Alta Vulnerabilidad

Tabla 81*Puntajes finales Hospital General III Cuenca*

Bloque	Puntaje formulario	Puntaje formulario	Grado de Vulnerabilidad
	nivel 1	nivel 2	Sísmica
1	1,2	0,3	Alta Vulnerabilidad
2	1,2	1,8	Alta Vulnerabilidad
3	1,5	0,9	Alta Vulnerabilidad
4	1,2	0,3	Alta Vulnerabilidad
5	1,2	0,3	Alta Vulnerabilidad

Acciones requeridas

Los formularios de la FEMA P-154 y la NEC-15 presentan dos acciones requeridas a manera de conclusión, las cuales pueden ser recomendadas a partir de lo observado en campo, del análisis realizado y de los puntajes obtenidos, estas acciones requeridas están formuladas a partir del desempeño sísmico estructural y no estructural estimado. En las tablas 82, 83, 84 y 85 mostradas, se indican las acciones que requieren ser llevadas a cabo en cada uno de los bloques de los hospitales en estudio.

Tabla 82*Acciones Requeridas Hospital Naval de Guayaquil.*

Bloque	¿Se requiere una evaluación	¿Se recomienda una evaluación no
	estructural detallada?	estructural detallada?
1	Sí, puntaje menor que el límite	Sí, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados
2	Sí, puntaje menor que el límite	Sí, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados

Bloque	¿Se requiere una evaluación estructural detallada?	¿Se recomienda una evaluación no estructural detallada?
3	Sí, puntaje menor que el límite	Sí, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados

Tabla 83

Acciones Requeridas Hospital Naval de Esmeraldas.

Bloque	¿Se requiere una evaluación estructural detallada?	¿Se recomienda una evaluación no estructural detallada?
1	Sí, puntaje menor que el límite	Sí, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados
2	Sí, puntaje menor que el límite	Sí, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados
3	Sí, puntaje menor que el límite	No, existen peligros no estructurales que requieren mitigación, pero no necesita una evaluación detallada
4	Sí, puntaje menor que el límite	Sí, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados
5 (C3)	Sí, puntaje menor que el límite	Sí, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados
5 (S3)	Sí, puntaje menor que el límite	Sí, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados
6	Sí, puntaje menor que el límite	No, existen peligros no estructurales que requieren mitigación, pero no necesita una evaluación detallada

Bloque	¿Se requiere una evaluación estructural detallada?	¿Se recomienda una evaluación no estructural detallada?
7	Sí, puntaje menor que el límite	No, existen peligros no estructurales que requieren mitigación, pero no necesita una evaluación detallada
8	Sí, puntaje menor que el límite	No, existen peligros no estructurales que requieren mitigación, pero no necesita una evaluación detallada
8 (Adición)	Sí, puntaje menor que el límite	No, existen peligros no estructurales que requieren mitigación, pero no necesita una evaluación detallada
9	Sí, puntaje menor que el límite	No, existen peligros no estructurales que requieren mitigación, pero no necesita una evaluación detallada
10	Sí, puntaje menor que el límite	Sí, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados
11	Sí, puntaje menor que el límite	No, existen peligros no estructurales que requieren mitigación, pero no necesita una evaluación detallada
12	Sí, puntaje menor que el límite	No, existen peligros no estructurales que requieren mitigación, pero no necesita una evaluación detallada

Tabla 84*Acciones Requeridas Hospital General II de Guayaquil.*

Bloque	¿Se requiere una evaluación estructural detallada?	¿Se recomienda una evaluación no estructural detallada?
Bloque central PB y 1P (C3)	Sí, puntaje menor que el límite	Sí, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados
Bloque central 2P (S5)	Sí, puntaje menor que el límite	Sí, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados
Bloque lateral izquierdo	Sí, puntaje menor que el límite	Sí, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados
Bloque lateral derecho	Sí, puntaje menor que el límite	Sí, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados

Tabla 85*Acciones Requeridas Hospital General III Cuenca*

Bloque	¿Se requiere una evaluación estructural detallada?	¿Se recomienda una evaluación no estructural detallada?
1	Si, puntaje menor que el límite	Sí, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados
2	Si, puntaje menor que el límite	No, existen peligros no estructurales que requieren mitigación, pero no necesita una evaluación detallada
3	Si, puntaje menor que el límite	Sí, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados

Bloque	¿Se requiere una evaluación estructural detallada?	¿Se recomienda una evaluación no estructural detallada?
4	Si, puntaje menor que el límite	Sí, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados
5	Si, puntaje menor que el límite	No, existen peligros no estructurales que requieren mitigación, pero no necesita una evaluación detallada

Resultados de formularios

Una vez que se han determinado los puntajes finales para cada estructura y con todo el trabajo realizado en campo se procede a definir que implican los resultados obtenidos para cada uno de los hospitales. A continuación, se va a detallar los problemas más graves encontrados y lo que significa el puntaje calculado, para los hospitales analizados de manera general.

Hospital Naval de Guayaquil

De acuerdo al análisis realizado, los puntajes de los formularios que se obtuvieron para el Hospital Naval de Guayaquil están comprendidos en el rango de 0,3 a 0,4; lo que indica que los bloques se catalogan en el grado alto de vulnerabilidad sísmica, a excepción del bloque 3 que se encuentra en un rango de 0,9 a 2,1; debido al reforzamiento estructural los resultados que se presentan se encuentran en un rango moderadamente alto, es decir que los resultados en los bloques 1 y 2 contemplan una alta probabilidad de colapso, por otro lado el bloque 3 presenta una moderada probabilidad de colapso de que ocurra un sismo máximo considerado.

Según el nivel de sismicidad analizado se cataloga como alta, conforme a los formularios planteados el puntaje inicial baja significativamente debido a la zona en donde se encuentra ubicado el hospital.

Las características que afectan los puntajes son las irregularidades tanto en planta como en elevación. El parámetro que se connota en los bloques del Hospital Naval de Guayaquil es la irregularidad en planta, específicamente esquina reentrante, sin embargo, el bloque 1 presenta irregularidad en elevación como piso débil y/o blando, por otro lado, el bloque 2 presenta retroceso. Se presentan estas irregularidades por el diseño arquitectónico, la mampostería no reforzada en algunos casos tiene una altura considerable respecto a la columna al igual que antepechos de las ventanas y terrazas accesibles, lo cual provocaría en caso de una eventualidad sísmica daños considerables en la columna, concentrando fuerzas puntuales a elementos que soportan carga axial, debilitando a las conexiones y aumentando la posibilidad de colapso.

Los bloques 1 y 2 presentan reducción del puntaje debido a la irregularidad en planta, que corresponde a la característica de esquina reentrante en donde la peculiaridad de su diseño arquitectónico en planta conlleva tener diferentes formas, de modo a que se produce la concentración de tensión en esquinas provocando daños a áreas específicas de la estructura, además la irregularidad en planta aleja el centro de gravedad del centro de masa, provocando torsión.

El desempeño también se ve afectado por el golpeteo, se produce debido a que la separación o junta sísmica es mínima, ya que los bloques se encuentran adyacentes y fueron construidos en función de una expansión del hospital, pero son estructuras independientes, debido a ello los bloques al tener diferentes periodos presentarían daños de elementos estructurales y riesgo de colapso.

Por otro lado, la característica que ayuda positivamente al edificio aumentando su puntuación en el grado de vulnerabilidad sísmica es la redundancia, refiriendo esta condición a construcciones que tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección, esta condición contempla los 3 bloques del hospital.

Las características mencionadas son condiciones las cuales fueron verificadas durante la inspección visual rápida, ayudando a una correcta evaluación de la estructura, en función de lo descrito se procedió a establecer si es necesario o no una evaluación estructural más detallada.

No obstante, también se debe tomar en cuenta problemas no estructurales que afectan el desempeño estructural del hospital, entre ellos el riesgo de caídas exteriores, riesgos no estructurales tanto internos como externos y riesgo en cuanto al contenido del edificio, es por ello por lo que al verificar el peligro de varias peculiaridades ya sea arquitectónicas o decorativas, de igual forma la mala instalación de acabados, se connota el realizar un estudio más detallado.

Hospital Naval de Esmeraldas

Según el análisis realizado, los puntajes de los formularios que se obtuvieron para el Hospital Naval de Esmeraldas están comprendidos en el rango de 0,3 a 1,1; lo que indica que para todos los bloques existentes en el hospital se tiene una alta vulnerabilidad sísmica, es decir una alta probabilidad de colapso en caso de que ocurra un sismo máximo considerado.

De acuerdo con lo analizado el puntaje inicial baja significativamente debido a la zona en donde se encuentra ubicado el hospital, que es una zona con un nivel de sismicidad muy alto.

El siguiente parámetro que afecta el puntaje es la existencia de alguna irregularidad vertical. La mayoría de bloques del hospital, presentan la condición de columna corta, la cual es considerada como una irregularidad vertical grave. Esta se presenta ya que de acuerdo con el diseño arquitectónico del hospital los antepechos tienen una altura considerable respecto a las columnas, mientras que en otros casos existen paredes de relleno que también acortan las columnas, lo cual provocaría que, en caso de un evento sísmico, el daño se concentre en estos elementos y no en las vigas, lo que aumenta la potencial pérdida de apoyo vertical y, por tanto, la posibilidad de colapso. Otra condición existente es la de niveles divididos, que de igual

manera puede afectar directamente a las columnas y a otros elementos, sin embargo, se la considera como una irregularidad vertical moderada.

Para el bloque 5 también se presenta una reducción del puntaje debido a una irregularidad en planta, que corresponde a una esquina reentrante en donde ambas proyecciones de una esquina interior superan el 25% de la dimensión total en planta en esa dirección, en este caso las concentraciones de tensión pueden darse en esta esquina provocando daños o incluso colapso, además por esta condición este bloque puede experimentar torsión.

Otro factor que afecta el desempeño sísmico de los bloques es el golpeteo, se da debido a que estos no cumplen con la separación mínima que establece la normativa, dando lugar a que se presenten condiciones más complejas vistas también en el hospital, como es la falta de alineación vertical entre bloques en un rango de 0,60 m. Este problema de golpeteo también se da debido a que el edificio analizado se encuentra al final de una hilera de 3 o 4 edificaciones contiguas, como es el caso de los bloques 2 y 8 (adición), en ellos se puede presentar un mayor daño en caso de la ocurrencia de un sismo.

A pesar de que muchos modificadores afecten el puntaje de los bloques negativamente existen otros que lo afectan de manera positiva, como es la redundancia, esta condición se refiere a que la construcción tiene al menos dos vanos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección. Esa condición la presentan todos los bloques del hospital, lo que es positivo y ha permitido que para ciertas estructuras el puntaje no sea tan inferior.

Lo antes mencionado son las condiciones que han sido verificadas durante las inspecciones visuales rápidas y que afectan al puntaje en la parte estructural, de acuerdo con ello se ha procedido a establecer si es necesaria o no una evaluación estructural más detallada.

Sin embargo, también existen ciertos problemas no estructurales que afectan el desempeño de la edificación, entre ellos están riesgos de caídas exteriores, riesgos no

estructurales tanto internos como externos y riesgos en cuanto al contenido del edificio. Es por ello por lo que, al verificar la existencia de muchos de estos riesgos, se ha definido anteriormente la necesidad de realizar evaluaciones detalladas y por supuesto de su mitigación.

Hospital General II de Guayaquil

Para la obtención del grado de vulnerabilidad sísmica del Hospital General II de Guayaquil se realizó el análisis de los formularios de nivel 1 y nivel 2, y se determinó que cada bloque está en un rango de 0,3 a 0,5 por ende las edificaciones se presentan como alta probabilidad de colapso si sucediera un sismo.

En relación con los parámetros que indican el puntaje de cada bloque, se tiene como relevancia la irregularidad vertical severa, por lo que se presenta el tipo de retroceso fuera de plano por la diferencia del número de pisos en el diseño arquitectónico, por consiguiente, otro retroceso se vio en los bloques laterales donde se observa voladizos. De igual forma se muestra que en el bloque central hay una irregularidad de piso débil al tener en planta baja menos fuerza que el primer piso (menos paredes) esto se clasifican como irregularidad severa. Otra condición se tiene en el bloque lateral derecho denominado columna corta es un caso de irregularidad severa ya que se presenta paredes de relleno que acortan la columna y cuando ocurra alguna eventualidad puede que los daños se concentren en esta parte.

Los modificadores de puntaje tienen un aporte positivo y negativo de acuerdo con las características que presente el edificio en estudio, por lo tanto, se detectó una condición relevante en todos los bloques que es la redundancia, donde se explica que la estructura debe tener al menos dos vanos de elementos laterales en cada dirección del edificio, este tema ayuda a aumentar la puntuación en el nivel 2.

En la parte no estructural se presenta varios tipos de riesgos exteriores como son parapetos, apéndices y entre otros. De acuerdo con lo escrito anteriormente se detalla una consideración de evaluar la estructura más a fondo, para descartar los riesgos eventuales que se puedan dar a lo largo del tiempo tanto en la parte estructural como no estructural y evitar cualquier acción.

Hospital General III de Cuenca

En base al análisis visual que se realizó en el hospital se obtuvieron puntajes que arrojan los formularios seleccionados para dicha estructura, estos resultados se comprenden en un rango de 1,2 a 1,8 lo que, dentro de la normativa aplicada, indica que cada uno de los bloques en los que se dividió la estructura cuentan con una alta vulnerabilidad sísmica, lo cual muestra que si existiese un evento sísmico esta estructura podría contar una probabilidad alta de colapso

Los valores que proporcionan los formularios son relativamente altos debido al suelo donde se asienta el hospital ya que cuenta con un suelo tipo B, pero ni con este parámetro se lo puede clasificar con una vulnerabilidad media o baja ya que los aspectos tanto estructurales como no estructurales que se observan en el hospital producen una pérdida de puntos y que se lo clasifique de tal forma.

En el bloque 1, 4 y 5 uno de los parámetros que condiciona al puntaje es el problema de columna corta ya que el diseño arquitectónico con el que cuenta el hospital se resalta ventanas que han sido rellenas con mampostería (ladrillo) hasta cierta altura, antepechos entre columnas y paredes que no llegan hasta el nivel de losa de entrepiso provocando un exceso de esfuerzos en la columna causando un posible colapso de la estructura.

Uno de las irregularidades que se observaron a simple vista es el problema de nivel dividió el cual podría asimilarse al problema de columna corta ya que el elemento afectado es directamente es la columna por lo cual se considera como irregularidad vertical y produce que el nivel de vulnerabilidad siga disminuyendo en sus respectivos rangos.

Específicamente en el bloque 2 se aprecia la irregularidad de piso blando y/o débil ya que fue un bloque adaptado y al ser construido la planta baja tiene más altura que el primer piso ocasionando un problema en toda la planta de este bloque.

Al observar diferencia de altura de nivel entre la losa de un bloque con la del otro bloque se contempla que puede existir un golpeteo entre un bloque y otro ya que al ir construyendo bloque a bloque nunca se dio la disposición de realizar una junta sísmica para evitar este problema que al sufrir un evento sísmico la estructura pueda contar con un riesgo alto de colapso. Sin embargo, entre todos estos puntos evaluados detalladamente se contempló una redundancia en los distintos bloques ayudando a subir el puntaje del hospital, ya que cuenta con dos vanos en ambas direcciones de cada bloque.

Con la ayuda de los formularios y los puntajes obtenidos se puede considerar si es necesaria una evaluación estructural detallada, así mismo, una evaluación no estructural ya que se puede observar que se pueden dar distintos riesgos tanto en la parte interna como externa del hospital de elementos no estructurales con lo cual se detalló posibles problemas que este puede llegar a causar en la edificación.

Recomendaciones técnicas para mitigar la vulnerabilidad sísmica

A partir de lo observado, los puntajes obtenidos y el análisis realizado se plantea que para cada hospital se sigan las siguientes recomendaciones que permitan reducir la vulnerabilidad ante eventos sísmicos, tales como terremotos.

De acuerdo con el análisis realizado en el apartado de resultados de formularios, se han identificado los diferentes problemas que afectan el desempeño sísmico de la estructura, se propone realizar una evaluación estructural detallada y también se plantean las siguientes recomendaciones a tomar en cuenta:

Estructural:

Realizar un aislamiento de los antepechos y paredes que están en contacto con las columnas para evitar el problema de columna corta. El aislamiento se puede realizar mediante

columnas y vigas de amarre que separen las paredes de las columnas y a la vez garanticen su estabilidad. Esto deberá realizarse acompañado de un análisis global de la estructura que permita verificar que no se produzcan inconvenientes en otros elementos debido a esta modificación.

Para la condición de niveles divididos y golpeteo se plantea realizar un análisis de desplazamientos de las estructuras afectadas que permita identificar cual será el desplazamiento total de esa estructura ante un sismo y el grado de afectación que produzca a la otra estructura. En caso de que se determine que el grado de afectación es significativo se plantea realizar un reforzamiento de la columna afectada, que puede ser mediante ensanchamiento del concreto o encamisado de acero. Además, se propone una revisión de las juntas de construcción entre bloques que permita determinar si existen falencias y poder realizar las correcciones necesarias.

En cuanto a la condición de piso blando y/o débil y esquina reentrante, primero se propone realizar una verificación del estado de las conexiones entre ambos sistemas constructivos de manera que se pueda garantizar que tengan una respuesta sísmica adecuada. También se propone un análisis estructural del bloque en general que permita determinar la afectación real por las irregularidades en planta y elevación. En caso de que esta afectación sea importante se plantea una propuesta de reforzamiento de columnas y vigas acompañado por la incorporación de diagonales que trabajen a manera de disipadores.

En la condición de retrocesos fuera del plano se requiere un análisis estático y dinámico de la estructura haciendo énfasis en verificar si existe torsión, de igual manera si afectaría el desempeño sísmico, y si fuese necesario aplicar un reforzamiento que puede depender del peso distribuido que tenga la estructura, de igual manera, para evitar los desplazamientos discontinuos al tener irregularidad por la diferencia de número de pisos se pretende realizar 2 sistemas mediante juntas sísmicas.

No estructural:

En cuanto a los elementos no estructurales, la principal preocupación se enfoca en los elementos de mampostería no reforzada, por ello se plantea realizar un reforzamiento de paredes, apéndices y principalmente parapetos existentes en los diferentes bloques, esto mediante la colocación de malla electrosoldada en ambos lados de la pared, en franjas verticales y horizontales. Adicionalmente se plantea revisar y mejorar la conexión de los anclajes de los parapetos con la losa en las terrazas, ya que se observan fisuras a simple vista.

Así mismo, el sistema de ventanas que conforma tanto los perímetros externos como zonas internas del hospital debe ser de preferencia de vidrio templado ya que al ocurrir un evento sísmico puede causar un riesgo alto tanto al personal como a pacientes que estén en dichas áreas.

En la zona exterior de los hospitales se puede identificar ductos de ventilación tanto rectangulares como circulares los cuales se encuentran apoyados a la mampostería de los distintos bloques, se recomienda que estos deben estar arriostrados en ambos sentidos ya que al estar simplemente apoyados podrían causar riesgos al personal que este circulando por áreas cercanas a estos ductos.

Uno de los principales problemas que se observa en los hospitales es la mala colocación del cielo falso, ya que ha simple viste existen partes donde este elemento ya se había desprendido de su base, por tal motivo se recomienda instalar cables de arriostramiento diagonal o puntales de compresión para soportar cargas sísmicas, de tal forma es más seguro ante un evento sísmico.

Contenido:

En las distintas áreas que son partes de los hospitales se observó zonas destinadas a equipos como calderos, bombas, enfriadores y similares los cuales no contemplan un anclaje correcto o recomendado por el fabricante para precautelar el funcionamiento de estos, por lo cual se sugiere un anclaje al contrapiso o pared con pernos del tamaño adecuado, evitando

deslizamientos del equipo y posible falla, en caso de que los equipos de climatización cuenten con condensadores, estos se deben colocar sobre aisladores los cuales tiene restricción lateral dada por amortiguadores. Las líneas de gas de igual forma deben tener una conexión flexible acomodándose al movimiento.

Al ser un hospital que garantiza su funcionamiento y atención en cualquier horario posee generadores de emergencia, los que deben contar con anclajes seguros a la mampostería o loseta, de igual manera el motor debe estar montado sobre aisladores de resortes para evitar la vibración, de igual manera el tanque de combustible debe estar arriostrado y anclado, sus conexiones deben ser flexibles y que sean capaces de adaptarse al movimiento en las uniones de los equipos.

Varias zonas de los hospitales cuentan con equipos computacionales, los cuales presentan riesgo en su colocación de modo que no cuentan con una sujeción firme, estos deberían descansar sobre almohadillas de goma de alta fricción. Por otro lado, se encuentran al borde de los escritorios y deberían ser reubicados lejos de los mismos o en mesas para evitar deslizamientos ante una eventualidad sísmica.

Las instalaciones de televisores, monitores de video, cámaras de vigilancia y altavoces, cuentan con un deficiente anclaje en varias zonas de los hospitales, por lo cual se debe asegurar con un anclaje a la pared o en el techo, equipados con cables de seguridad.

Los hospitales cuentan con estanterías independientes en varias zonas administrativas las cuales no se encuentran sujetas al suelo o a la pared, la correcta instalación debe ser sujetas entre sí en caso de que sea posible sino con pernos o sujetadores mecánicos.

Los suministros químicos al ser contenidos altamente peligrosos en algunos casos no cuentan con la protección adecuada, debido a ello se debe asegurar con labios sujetadores de varias pulgadas de altura, a su vez deben estar almacenadas en contenedores evitando así que se vuelquen o se caigan.

Por otro lado, existen áreas destinadas al almacenamiento de cilindros de oxígeno, los cuales no presentan un arriostramiento firme, por lo tanto, deben asegurarse con cadenas en la parte superior e inferior así restringiendo el movimiento para cada dirección, de igual manera deben estar anclados a la mampostería con tornillos o pernos en lugar de abrazaderas.

Capítulo 5

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Se determinó el desempeño de las estructuras esenciales las cuales connotan varios problemas estructurales, debido a su antigüedad o descuido del personal a cargo, para la evaluación de vulnerabilidad estructural, de acuerdo a la metodología planteada se llenó el Formulario Nivel 1 y 2, catalogando a la mayoría de hospitales con un grado de vulnerabilidad alto, siendo este resultado directamente proporcional a la probabilidad de colapso, de modo que se plantea la necesidad de realizar una evaluación más detallada, contemplando ya no solo un análisis cualitativo sino un análisis cuantitativo, reflejando características del material y su comportamiento desarrollado en un Software computacional estructural.
- De acuerdo al análisis realizado con la metodología NEC-15 y FEMA P-154, los índices de vulnerabilidad presentan de manera general en todos los hospitales un grado alto exceptuando el bloque 3 del Hospital Naval de Guayaquil, dicho bloque destaca, ya que tiene un grado de vulnerabilidad medio, connotando su reforzamiento estructural, para el cual es imprescindible realizar una evaluación más detallada reflejando el nuevo comportamiento de la estructura reforzada, contemplando su desempeño con el fin de garantizar la reducción del riesgo sísmico.
- De los resultados obtenidos se concluye que existe una gran necesidad de sujetar, anclar o colocar un arriostramiento, en la parte no estructural de las edificaciones ya que por lo general implica algunos riesgos como son caídas exteriores e interiores de apéndices, parapetos, inmuebles (estanterías, televisiones, escritorios, equipos de climatización, lámparas y demás), equipos

médicos, entre otros; para constancia de ello se debe tomar a la normativa FEMA E-74 que establece una metodología para reducir los daños provocados por los elementos no estructurales ante un terremoto.

- La estabilidad estructural es importante ya que los elementos del edificio son capaces de soportar las acciones de un sismo o terremoto sin desplomarse o colapsar, esto depende de la forma, apoyos y asignación del peso de la estructura, por ende, las irregularidades en elevación como en planta de un edificio deben someterse a un análisis de desplazamientos y si sufren afectaciones ante una eventualidad se dispone a reforzar las instalaciones para lograr una mejor función operacional.
- El proceso de realizar una inspección visual rápida para determinar los puntos que detallan los formularios que propone tanto la NEC-15 como la FEMA P-154, juega un papel importante en el puntaje que obtendrá la estructura ya que permite tener un panorama visual completo del sistema estructural verificando falencias y posibles puntos a favor que sobresalgan, dando a conocer el nivel de vulnerabilidad con el que va a contar la edificación analizada.
- Las inspecciones visuales rápidas que propone la metodología NEC-15 y FEMA P-154 son un gran aporte para obtener el nivel de vulnerabilidad aproximado de las edificaciones, ya que permite tener una noción clara y acertada de problemas que pueden existir en elementos tanto estructurales como no estructurales a los cuales se le puede dar una solución y ayudar a que el grado de vulnerabilidad de la edificación descienda y no contemple un alto riesgo sísmico.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar un análisis, en el cual se cuente con parámetros que posibiliten calcular el desempeño del hospital, orientado a un análisis no lineal con el fin de evaluar en conjunto al edificio, buscando que el nivel de desempeño operacional de una estructura tenga una mayor probabilidad de ocurrencia ante un sismo de alta intensidad.
- Es esencial desarrollar una evaluación estructural detallada por medio de ensayos no destructivos y requerimientos técnicos, con personal capacitado que pueda evaluar y dar soluciones a los efectos que se produzcan a lo largo de la vida útil de las edificaciones.
- Para realizar las inspecciones visuales rápidas se recomienda seguir un procedimiento organizado, que haya sido planificado con tiempo y que involucre una serie de pasos que permitan desarrollar el trabajo en campo de manera ordenada. Se aconseja una fase de entrenamiento que permitirá comprender el proceso que se debe seguir y solventar falencias que podrían aparecer en las visitas a las propias estructuras en estudio.
- Al momento de realizar las inspecciones visuales rápidas se debe recopilar de preferencia una serie de fotografías de cada irregularidad y anomalía encontrada, para que exista un sustento comprobable de lo que se debe corregir y en caso de que el estudio sea utilizado para reducir la vulnerabilidad sísmica, los encargados de realizar las evaluaciones estructurales y no estructurales detalladas sepan con certeza los elementos que deben analizar.
- Para las inspecciones a las distintas estructuras se recomienda realizar planificaciones que faciliten el trabajo en campo, ya que al tratarse del análisis de un hospital se puede generar inconvenientes con las actividades habituales que

se realizan, tanto del personal que labora como de los pacientes que se encuentren en las diferentes áreas, por tal razón es importante conocer de forma detallada la normativa que se va a aplicar para recopilar información importante, valiosa y significativa para la correcta evaluación.

- Al ser estructuras esenciales militares se debe recabar información básica que ayude a realizar el primer acercamiento, con el fin de planificar y agendar la visita técnica, en donde se asigne el personal técnico adecuado en el área estructural, aportando con un recorrido en el que se otorga la apertura de todas las áreas con las que cuenta el hospital, de igual manera facilite datos esenciales para el correcto análisis de la estructura.
- Para la determinación de los puntajes en los formularios de nivel 1 y nivel 2 se debe tener en cuenta las instrucciones presentes en cada uno de ellos, tratando de resaltar con gran detalle los elementos o condiciones que pueden causar vulnerabilidad, de manera que el puntaje que se obtenga sea el más apegado a la realidad y pueda ser utilizado como un instrumento que impulse, o no evaluaciones más detalladas y por tanto una mejora de la estructura analizada.
- Se debe tomar en cuenta la implementación de protección sísmica e innovación tecnológica a la hora de construir nuevas edificaciones, por lo que se considera que las estructuras esenciales deben ser capaces de resistir fuerzas sísmicas para que el daño estructural y no estructural sea mínimo ya que la operación antes, durante y después de un evento sísmico o fenómeno natural es de vital importancia.

Referencias bibliográficas

- Argudo, J., & Yela, R. (1995). Vulnerabilidad Estructural de Hospitales de Guayaquil-Ecuador. *Instituto de Investigación y Desarrollo de la Facultad de Ingeniería*. Universidad Católica de Guayaquil, Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Arteaga Mora, P. A. (2016). Proyecto de graduación previo a la obtención del grado de. *Estudio de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y evaluación del índice de daño de una edificación perteneciente al patrimonio central edificado en la ciudad del Cuenca - Ecuador*. Universidad de Cuenca, Cuenca.
- ASCE/SEI 41-17. (2017). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. Virginia-United States.
- ASCE/SEI 7-22. (2022). *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*. Virginia-United States.
- Ávila Cabrera, F. A. (2020). Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de Magíster en Geotecnia Aplicada. *Identificación de fallas geológicas en la vía Girón - Pasaje (Azuay) y sus problemas geotécnicos*. Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Avilés Arévalo, L. (2013). *Diseño de un Sistema de Costo Basado en Actividades (ABC) para el Hospital Militar de Cuenca*. Universidad del Azuay, Cuenca, Azuay, Ecuador.
<https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/512>
- Bermeo Moyano, H. (2016). *Determinación de Espectros de Respuesta y Espectros de Diseño Elásticos e Inelásticos para la Ciudad de Cuenca*. Universidad de Cuenca, Cuenca, Azuay, Ecuador. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/26283>
- Castañeda Roman, E. (2015). Prevalencia de abdomen agudo quirurgico no traumatico y y propuesta de un protocolo de atención actualizado. Área de emergencia del Hospital Militar de Guayaquil 2009-2010. *Tesis*, 123. Guayaquil, Guayas, Ecuador.

<https://docplayer.es/171188922-Universidad-de-guayaquil-facultad-de-ciencias-medicas-escuela-de-graduados.html>

Cevallos Pilco, T. A. (2018). *Estudio Del Peligro Sísmico Determinista Para Las Estructuras Del Cantón Ambato Sector Huachi Loreto Ubicado En La Avenida Las Américas, Avenida Del Rey, Avenida Bolivariana Y Camino Del Rey*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29200/1/Tesis%20I.%20C.%201282%20-%20Cevallos%20Pilco%20Tal%C3%ADa%20Alexandra.pdf>

Chávez Ordóñez, B. (2016). Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones de la Ciudad de Quito - Ecuador y Riesgo de Pérdida. *Tesis Previa a la Obtención del Grado de Máster en Ingeniería Estructural*. Escuela Politecnica Nacional, Quito.

Fajardo Cartuche, C., Guevara Álvarez, P., Herrera Garcés, K., Ochoa Campoverde, C. V., & Torres Orellana, J. S. (2021). *Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de - unidades educativas de Sangolquí, basada en la guía FEMA P-1000*. Ecuador.

FEMA. (2003). FEMA 396. *Incremental Seismic Rehabilitation of Hospital Buildings*.

FEMA 577, F. (2007). Guía de diseño para mejorar la seguridad hospitalaria en terremotos, inundaciones y vientos fuertes.

FEMA E-74. (2012). *Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage - A Practical Guide*.

FEMA P-154. (2015). *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook*.

Flores Barrera, L. G. (2009). *Medición de espesores por ultrasonido y requisitos necesarios para el personal que lleva a cabo ensayos no destructivos en la central nucleoelectrónica Laguna Verde*.

GEOESTUDIOS S.A., Chunga, K., & Pozo, C. (2017). *Estudio de microzonificación sísmica y geotécnica de la ciudad de Esmeraldas según la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015*. MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA, Esmeraldas.

GEOESTUDIOS, & Vera Granauer, X. (2011). Elaboración del documento de la Microzonificación sísmica y geotécnica de la ciudad de Guayaquil según la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011. *Tomo 1.0: Actualización del mapa geológico de la ciudad de Guayaquil*, 15.

HOSNAG. (2022). *HOSPITAL GENERAL HOSNAG*.

<https://hospitalnaval.armada.mil.ec/resena-hosnag>

Jiménez Pacheco, J., Cabrera Cajamarca, J., Sánchez Beltrán, J., & Avilés Tenorio, F. (2018). *Vulnerabilidad sísmica del patrimonio edificado del Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca: Lineamientos generales y avances del proyecto*. Universidad de Cuenca, Cuenca. file:///C:/Users/Cliente/Downloads/Dialnet-VulnerabilidadSismicaDelPatrimonioEdificadoDelCent-7133939.pdf

Lanning, F., Haro, A. G., Liu, M. K., Monzón, A., Monzón-Despang, H., Schultz, A., & Tola, A. (2016). *EERI Earthquake Reconnaissance Team Report: M7.8 Muisne, Ecuador Earthquake on April 16, 2016*. California: Earthquake Engineering Research Institute.

López, A. (2019). *Metodología de análisis de respuesta de sitio unidimensional para determinar la demanda sísmica en superficie de Guayaquil*. Universidad de Especialidades Espíritu Santo.

MIDUVI, & CAMICOM. (2016). Norma Ecuatoriana de la Construcción. *Peligro Sísmico. Diseño Sísmo Resistente*.

Moncayo Theurer, M., Vargas Jiménez, J., Moncayo Velasco, G., & Barzola Zambrano, I. (2017). *Análisis sobre la recurrencia de terremotos severos en Ecuador*. Universidad de Guayaquil, Ecuador.

- Mosquera, D. F. (2015). Evaluación de los componentes y elementos no estructurales del Hospital Regional Militar de Guayaquil (II de "Libertad") ante un potencial peligro sísmico según FEMA E-74, FEMA 396 y FEMA 577. *Tesis previo a la obtención del título de Ingeniero Civil*. Sangolquí, Ecuador.
- Navarrete López, P. (2022). *Análisis de nivel de daño para diferentes niveles de peligro sísmico en elementos sometidos a flexión y compresión para una estructura típica de hormigón armado*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Tungurahua, Ecuador.
- NEC-15. (2015). Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- Ortega, D. M. (2014). *Elaboración de un mapa de identificación de riesgos y verificación del cumplimiento de normativas de bioseguridad en el laboratorio clínico del hospital general militar HG II de Libertad de la ciudad de Guayaquil*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Guayas, Ecuador. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8048>
- Paredes Valle, I. S., & Pachar Romero, B. A. (2019). ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS OCHO ESTRUCTURAS DEL MIDENA, MEDIANTE LA METODOLOGÍA FEMA P-154, Y PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA EDIFICACIÓN MÁS VULNERABLE. *Trabajo de Titulación*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Quito.
- Parra Cárdenas, H. A. (2016). *Desarrollos metodológicos y aplicaciones hacia el cálculo de la Peligrosidad Sísmica en el Ecuador continental y estudio de riesgo sísmico en la ciudad de Quito*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
http://redgeomática.rediris.es/redlatingeo/2015/HUMBERTO_PARRA_CARDENAS_V-2.pdf
- Porto Quintián, J. (2005). *Manual de patologías en las estructuras de hormigón armado*. La Coruña.

- Quinde Martínez, P., & Reinoso Angulo, E. (2016). *Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la ciudad de Cuenca*. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. México, México.
- Riquetti Morales, J. (2010). *Dimensionamiento Geotécnico de Cimentaciones Superficiales en las Unidades Geotécnicas de la Ciudad de Cuenca*. Universidad de Cuenca, Cuenca, Azuay, Ecuador. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2582>
- Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., & Yepes, H. (2007). Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador. *Serie: El riesgo sísmico en el Ecuador*. Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Rojas Calle, P. F. (2019). *Desempeño de Edificios Esenciales Durante Sismos en Ecuador - Caso Hospitales y Clínicas, Centros de Salud o de Emergencia Sanitaria*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Guayas, Ecuador.
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/13830/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-307.pdf>
- Tacuri Ordoñez, V. M. (2019). Vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mediana altura en suelos blandos de la ciudad de Guayaquil. *Trabajo de titulación de Ingeniero Civil*. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- U.S. Geological Survey & Escuela Politécnica Nacional. (2003). *Mapa de Fallas y Pliegues Cuaternarias de Ecuador y Regiones Oceánicas Adyacentes*.
- Vargas Molina, J. G. (2014). *Historia Resumida de la Armada del Ecuador*. Guayaquil.
- Zambrano, J. B. (4 de Abril de 2022). *El UNIVERSO*.
<https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/seis-anos-despues-del-potente-terremoto-en-pedernales-hay-familias-que-esperan-un-techo-propio-y-titulos-de-propiedad-nota-2/>

Apéndices

Apéndice A: Formulario de detección visual rápida de vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Alta Sismicidad – Nivel 1 y 2 del Hospital Naval de Guayaquil

Apéndice B: Formulario de detección visual rápida de vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Muy Alta Sismicidad – Nivel 1 y 2 del Hospital Naval de Esmeraldas

Apéndice C: Formulario de detección visual rápida de vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Alta Sismicidad – Nivel 1 y 2 del Hospital General II de Guayaquil

Apéndice D: Formulario de detección visual rápida de vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Moderadamente Alta – Nivel 1 y 2 del Hospital General III de Cuenca