PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

TEMA:

EVALUACIÓN TÉCNICO-VISUAL DE ESTRUCTURAS SEGÚN NEC-SE-RE EN EL SECTOR "LA ARMENIA 1" PARA LA DETERMINACIÓN DE RIESGO ANTE FENÓMENOS NATURALES ESPECÍFICOS.

AUTORES:

ALMAGRO OÑA PABLO ARTURO

PAREDES JARAMILLO EDISON XAVIER

DIRECTOR:

ING. WILSON CANDO TIPÁN

QUITO, AGOSTO 2016

Dedicatoria

La persona que soy ahora es un reflejo del incondicional apoyo y amor que mi familia me ha dado a lo largo de todos estos años.

Mi hermano pequeño, Adonis, has estado conmigo a pesar de las adversidades, eres uno de mis mejores amigos, siempre me has motivado a seguir adelante, espero llegar a ser alguien digno de tu admiración.

Mi hermana pequeña, la nena, tus locuras y alegría han sido lo que me ha ayudador a salir adelante sin importar cualquier problema, te quiero mucho.

Mis padres, pipo y mimo, no me queda más que agradecer a mis padres quienes han sido mi ejemplo y sobre todas las cosas siempre han estado conmigo, por quienes me esfuerzo para que se sientan felices y orgullosos. Papá, tu sabes que eres mi inspiración y mami, siempre me has apoyado. Palabras faltan para expresar todo el amor que les tengo mis viejitos.

Pablo Arturo Almagro Oña

Dedicatoria

Este trabajo de disertación se lo dedico principalmente a mis padres, Janeth Jaramillo y Jorge Paredes, quienes con su amor y cariño incondicional han sabido apoyarme y darme ánimo para cumplir metas y sueños. Este logro académico se los dedico, pues ustedes me enseñaron la importancia del estudio para crecer tanto profesionalmente como personalmente.

A mi madre, por todo el cariño que me da, por siempre cuidar de mí y por ser el ejemplo de que con esfuerzo y dedicación llegaré a ser un profesional exitoso.

A mi padre, por demostrarme que la perseverancia da frutos, por ayudarme siempre en mis estudios y por haberme guiado en la elección de esta carrera.

A mi hermana Fernanda Paredes, quien ha sido siempre una amiga que me apoya, me cuida, da consejos y que siempre me ha demostrado su cariño.

Xavier Paredes Jaramillo

Agradecimientos

Una vez culminado este trabajo de disertación queremos agradecer primeramente a Dios, pues nos ha sabido guiar a lo largo de esta carrera y a lo largo de nuestras vidas.

De la misma manera queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a los ingenieros Wilson Cando, Sebastián Baquero y Jorge Bucheli por su incondicional apoyo, amistad y orientación en el desarrollo del presente trabajo.

Pablo Almagro Oña

Xavier Paredes Jaramillo

Tabla de Contenidos

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES 1

1.1. INTRODUCCIÓN 1

1.2. ALCANCE 2

1.3. JUSTIFICACIÓN 3

1.4. ANTECEDENTES 8

1.5. OBJETIVOS 9

1.5.1. Objetivo General 9

1.5.2. Objetivos Específicos 9

1.6. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL 10

1.6.1. Marco Conceptual 10

1.6.2. Marco Teórico 12

1.7. IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS ANTE FENÓMENOS NATURALES 13

CAPÍTULO 2 RESEÑA HISTÓRICA DE ERUPCIONES DEL VOLCÁN COTOPAXI Y EVENTOS SÍSMICOS EN EL VALLE DE LOS CHILLOS 16

2.1. ERUPCIONES VOLCÁNICAS DEL COTOPAXI 16

2.1.1. Fases del Volcán Cotopaxi 17

2.1.2. Recolección de datos históricos 19

2.2. EVENTOS SÍSMICOS 20

2.2.1. Tipos de Sismos 23

2.2.2. Recolección de datos históricos 25

2.2.3. Falla Geológica de Quito 29

CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA A UTILIZARSE PARA LA EVALUACIÓN SÍSMICA DE LAS ESTRUCTURAS DEL SECTOR “LA ARMENIA 1”: RAPID VISUAL SCREENING OF BUILDINGS FOR POTENTIAL SEISMIC HAZARDS: A HANDBOOK "FEMA 154" 31

3.1. INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA 32

3.1.1. Descripción General 32

3.1.2. Evaluación provista por FEMA P-154 en comparación con otras evaluaciones existentes 37

3.2. PLANIFICACIÓN DE TRABAJOS PREVIO A LA EVALUACIÓN EN CAMPO 39

3.2.1. Selección de los Formularios de Recolección de Datos 39

3.2.2. Adquisición y revisión de los datos de las construcciones previo a la evaluación de las mismas en campo 42

3.3. FORMULARIO DE RECOLECCIÓN DE DATOS NIVEL 1 44

3.3.1. Información de la identificación de la Construcción 47

3.3.2. Características de la Construcción 47

3.3.3. Memoria Fotográfica y Bosquejo de la Estructura 48

3.3.4. Ocupación de la Construcción 49

3.3.5. Tipo de Suelo 51

3.3.6. Riesgos Geológicos 51

3.3.7. Separación entre Estructuras Adyacentes 52

3.3.8. Irregularidades 55

3.3.9. Peligro de caída de objetos al exterior de la estructura 65

3.3.10. Daño y deterioro de elementos estructurales 66

3.3.11. Sección de Comentarios 66

3.3.12. Identificación del Tipo de Edificación y Documentación de la Puntuación Básica 66

3.3.13. Modificadores de calificación 71

3.3.14. Determinación de la Calificación Final del Nivel 1 74

3.3.15. Documentación del Alcance de la Revisión 74

3.3.16. Documentación de los resultados obtenidos en la evaluación de Nivel 2 75

3.3.17. Documentación de otros peligros presentes en la edificación 75

3.3.18. Determinación de la acción requerida 76

3.4. FORMULARIO DE RECOLECCIÓN DE DATOS NIVEL 2 76

3.4.1. Información de la Edificación y Puntuación Ajustada para el Nivel 2 78

3.4.2. Modificadores de Calificación 78

3.4.3. Determinación de la Calificación Final de Nivel 2 86

3.4.4. Otras Condiciones Observables 87

3.4.5. Peligros no estructurales evidentes 88

3.4.6. Comentarios 89

3.4.7. Transferencia de los Resultados de Formulario de Nivel 2 a Nivel 1 90

3.5. RESULTADOS PROVISTOS POR LA EVALUACIÓN 90

CAPÍTULO 4 IMPLEMENTACIÓN DE FEMA P-154 Y RESULTADOS 93

4.1. PLANIFICACIÓN DE TRABAJOS PREVIO A LA EVALUACIÓN EN CAMPO 93

4.1.1. Determinación de la Región Sísmica 93

4.1.2. Determinación de las fechas de adopción de los códigos sísmicos 95

4.1.3. Determinación del nivel límite de calificación “cut-off” 97

4.1.4. Recopilación de bases de datos municipales 97

4.1.5. Tipo de Suelo 98

4.2. DESARROLLO Y RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN RVS 102

4.2.1. Tipos de Estructuras 102

4.2.2. Características de las Edificaciones Evaluadas 106

4.2.3. Irregularidades 108

4.2.4. Peligros Estructurales 112

4.3. RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN.....120

CAPÍTULO 5 EVALUACIÓN DE FENÓMENOS PRODUCIDOS POR LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN COTOPAXI 122

5.1. ESTABLECIMIENTO DEL POTENCIAL ESCENARIO ERUPTIVO 122

5.2. MATRIZ DE RIESGOS 123

5.2.1. Introducción a la evaluación de riesgos mediante una matriz 123

5.2.2. Tipos de fenómenos producidos por la erupción del volcán Cotopaxi.....125

5.2.3. Elaboración de la matriz de riesgos 134

5.3. ESTUDIO DE AFECTACIÓN DE LAS EDIFICACIONES ANTE LLUVIA DE CENIZA Y PIROCLASTOS 136

5.4. ESTUDIO DE AFECTACIÓN DE LOS FLUJOS DE LODO Y ESCOMBROS .. 144

CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES 150

CAPÍTULO 7 RECOMENDACIONES 154

BIBLIOGRAFÍA 156

ANEXOS 161

ANEXO 1: Actividad Histórica del Volcán Cotopaxi 161

ANEXO 2: Sismos producidos en Ecuador con intensidades mayores o iguales a VIII 164

ANEXO 3: Formularios de metodología FEMA P-154 166

ANEXO 4: Perfiles de estudio de sísmica de refracción 176

ANEXO 5: Determinación de evaluación necesaria para cada edificación 179

ANEXO 6: Irregularidades identificadas en cada una de las edificaciones 181

ANEXO 7: Afectaciones producidas por el volcán Cotopaxi. 183

Lista de tablas

Tabla 1. Comparación de los Métodos de Evaluación Sísmica Prominente en los Estados Unidos.....39

Tabla 2. Determinación de las Regiones Sísmicas en base a la Repuesta de Aceleración Espectral para $MCER$. 41

Tabla 3. Separaciones mínimas 53

Tabla 4. Separaciones mínimas entre edificaciones en función de la región sísmica. 81

Tabla 5. Guía de Referencia de Edificaciones con Ampliaciones.....83

Tabla 6. Especificaciones particulares para distintas edificaciones. 85

Tabla 7. Determinación de las Regiones Sísmicas en base a la Repuesta de Aceleración Espectral para MCE.....94

Tabla 8. Ubicación y detalles del muestreo de ensayo SPT 98

Tabla 9. Resultados del muestreo de ensayo SPT 98

Tabla 10. Clasificación de los perfiles de suelo 100

Tabla 11. Matriz de riesgos de los fenómenos volcánicos del Cotopaxi.....135

Tabla 12. Edificaciones clasificadas por el tipo de cubierta.....142

Tabla 13. Edificaciones clasificadas según el grado de afectación en su cubierta. 143

Tabla 14. Coordenadas de punto en el fondo del río San Pedro.....146

Tabla 15. Edificaciones clasificadas según el grado de afectación. 149

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z. 5

Gráfico 2. Vista Satelital del Distrito Metropolitano de Quito,.....6

Gráfico 3. Vista Satelital del Sector “La Armenia 1” en el Valle de los Chillos. 6

Gráfico 4. Área a Evaluarse. Adaptado de: Google Earth.....7

Gráfico 5. Perímetro del área y coordenadas de la misma. 7

Gráfico 6. Área afectada por lahares en la posible erupción del volcán Cotopaxi.....8

Gráfico 7. Amenaza Sísmica y Volcánica de Ecuador respecto a su ubicación en el mundo…13

Gráfico 8. Placas tectónicas al norte de América del Sur.....21

Gráfico 9. Placa Sudamericana y Placa de Nazca. 21

Gráfico 10. Fallas presentes en Ecuador. 22

Gráfico 11. Tipos de Sismos 24

Gráfico 12. Sismos de magnitud mayor o igual a 5 registrados hasta el 11 de Mayo de 2016. 26

Gráfico 13. Curvas de Atenuación. 29

Gráfico 14. Valores para los coeficientes Ss y S_1. 40

Gráfico 15. Tipo de Suelo en Ecuador usando la herramienta del USGS "Custom Vs30 Mapping". 44

Gráfico 16. Formulario de Recolección de Datos de Nivel 1. 46

Gráfico 17. Construcción con riesgo de potencial deslizamiento. 52

Gráfico 18. Esquema de pisos no alineados verticalmente. 54

Gráfico 19. Esquema de edificios de diferentes alturas. 54

Gráfico 20. Esquema de edificios a los costados. 55

Gráfico 21. a) Edificación W1, b) Edificación que no es del tipo W1. 56

Gráfico 22. Edificación del tipo W1 con cripple walls. 57

Gráfico 23. Edificación del tipo W1 con cripple walls y espacio ocupado sobre el garaje. 58

Gráfico 24. Edificación del tipo W1 con un frente abierto. 58

Gráfico 25. Edificación que tiene un piso blando debido a las grandes aberturas en la planta baja del mismo. 59

Gráfico 26. Edificación que tiene piso blando debido a la gran altura de uno de sus pisos en comparación con los otros. 59

Gráfico 27. a) Edificación con discontinuidad fuera del plano en el tercer piso, b) Edificación con discontinuidad fuera del plano debido a que los pisos sobre la planta baja se encuentran en voladizo. 60

Gráfico 28. Discontinuidad en el plano del sistema resistente sísmico. 61

Gráfico 29. Columna corta debido a: a) Aberturas de muro irregulares, b) Antepechos, c) Muros de relleno. 61

Gráfico 30. Niveles desplazados. 62

Gráfico 31. Torsión. 63

Gráfico 32. Sistemas no paralelos. 63

Gráfico 33. Retroceso en esquinas. 64

Gráfico 34. Discontinuidad en el sistema de piso. 64

Gráfico 35. Vigas no alineadas con columnas. 65

Gráfico 36. Sección de Matriz de calificación tomada del Formulario de Recolección de Datos para una región de Alta sismicidad. 71

Gráfico 37. Formulario de Recolección de Datos de Nivel 2. 77

Gráfico 38. Ilustración de losa plana 85

Gráfico 39. Valores para los coeficientes Ss y S_1 para el sector La Armenia 1. 93

Gráfico 40. Curvas de Peligro Sísmico para Quito a diferentes Periodos Estructurales. 95

Gráfico 41. Ubicación de muestreo de ensayo SPT y bases de sísmica de refracción. 101

Gráfico 42. Ilustración de edificación C3. 103

Gráfico 43. Tipos de estructuras presentes en el área de estudio. 104

Gráfico 44. Ilustración de edificación URM. 105

Gráfico 45. Modificadores de Calificación. 107

Gráfico 46. Predominio del tipo de irregularidades. 109

Gráfico 47. Irregularidades identificadas durante la evaluación. 109

Gráfico 48. Discontinuidad fuera del plano. 110

Gráfico 49. Columna corta 111

Gráfico 50. Columna corta 111

Gráfico 51. Resultados Nivel de Evaluación 1. 112

Gráfico 52. Resultados Nivel de Evaluación 2. 113

Gráfico 53. Calificación Smín Nivel 1. 114

Gráfico 54. Calificación Smín Nivel 2. 114

Gráfico 55. Chimenea de mampostería no reforzada. 115

Gráfico 56. Peligro no estructural que requiere evaluación detallada. 116

Gráfico 57. Bloque de aulas. 116

Gráfico 58. Recubrimiento pesado. 117

Gráfico 59. Volado 117

Gráfico 60. Volado 117

Gráfico 61. Peligros no estructurales.....118

Gráfico 62. Edificación que requiere evaluación detallada estructural y no estructural 119

Gráfico 63. Requerimientos de evaluación.....120

Gráfico 64. Probabilidad de ocurrencia de una erupción del Tipo 1877. 123

Gráfico 65. Parámetros de evaluación. 125

Gráfico 66. Cubierta de Teja 138

Gráfico 67. Cubiertas con Hojas de Zinc 138

Gráfico 68. Cubierta con Paneles de Acero. 139

Gráfico 69. Cubierta con Planchas de Fibrocemento. 140

Gráfico 70. Cubierta de Losa de Hormigón Armado. 140

Gráfico 71. Tipo de cubiertas de edificaciones. 142

Gráfico 72. Grado de Afectación de edificaciones. 143

Gráfico 73. Área de afectación debido a los flujos laháricos en el sector la Armenia 1. 145

Gráfico 74. Grado de afectación Nulo. 147

Gráfico 75. Grado de afectación Bajo. 147

Gráfico 76. Grado de afectación Moderado. 148

Gráfico 77. Grado de afectación Grave. 148

Gráfico 78. Grado de Afectación de edificaciones.....149

RESUMEN

El presente trabajo de disertación de grado presenta una evaluación de riesgos ante fenómenos naturales para el sector “La Armenia 1”; para lo cual se dividió este estudio entre los fenómenos que más afectarían al sector y de los cuales se determinó que serían los peligros sísmicos y volcánicos.

Para la evaluación ante el riesgo sísmico se utilizó la metodología FEMA P-154, la cual es sugerida por la norma ecuatoriana de la construcción en su capítulo de Peligro Sísmico y Diseño Sismo Resistente (NEC-SE-DS). Y en la cual mediante una rápida evaluación visual se puede determinar el tipo de estructura y las irregularidades que presenta, y mediante un sistema de puntuación planteado por FEMA P-154 se podrá determinar la probabilidad de colapso de una estructura ante la ocurrencia del máximo sismo considerado en un período de retorno de 2475 años.

Para la evaluación ante el riesgo volcánico el presente trabajo se basó fundamentalmente en los estudios y publicaciones realizadas por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional y la Secretaría de Gestión de Riesgos; y después de analizar la información recopilada se determinó que los fenómenos volcánicos que más afectarían al sector “La Armenia 1” serían la caída de ceniza y el flujo de lahares y escombros. Para estos fenómenos se presenta una matriz de riesgos que realiza una evaluación cualitativa de los efectos que pueden provocar.

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país que goza de uno de los ecosistemas más diversos en el mundo, lo que genera que tenga varias regiones geográficas cada una con fauna y flora de características únicas. Pero de la misma manera debido a su ubicación es proclive a sufrir desastres naturales, mismos que a lo largo de la historia del Ecuador han producido graves daños a las personas y/o bienes y que han generado incluso pérdidas cuantiosas para el país, puesto que al ser un estado en vías de desarrollo muchas de las veces no ha sido capaz de responder de manera adecuada a los desastres naturales debido tanto a la economía del país como a su desarrollo en temas de gestión de riesgos.

El valle de los Chillos es un sector que con el pasar de los años ha tenido un crecimiento poblacional muy grande debido a su cálido clima, sus paisajes y su topografía, por estas razones este sector es de agrado para las personas y gran parte del crecimiento del mismo se debe a todos los proyectos inmobiliarios que se han construido allí. Como consecuencia de los últimos acontecimientos en cuanto a fenómenos naturales que ha sufrido este sector, como es: el sismo de 5.1 en la escala de Richter generado el 12 de Agosto de 2015 (Cuatro temblores sacudieron a Quito, 2015), así como el sismo de 7.8 Mw con epicentro entra las parroquias de Pedernales y Cojimíes ocurrido el 16 de abril de 2016 (IGEPN, 2016) que afecto a diversas zonas del país e incluso se lo pudo percibir en el Valle de los Chillos y las dos erupciones importantes del volcán Cotopaxi registradas el 14 de agosto del 2015 (Chamorro, 2015), a partir de lo cual el volcán ha manteniendo una actividad intermitente hasta el presente, es que

se considera importante el estudio de ambos fenómenos naturales en el Valle de los Chillos, específicamente en el sector la Armenia 1.

1.2. ALCANCE

En esta investigación se pretende determinar la vulnerabilidad del sector "La Armenia 1" (Ver Gráfico 4) frente a eventos sísmicos mediante la aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción sobre Riesgo Sísmico, Evaluación, Rehabilitación de Estructuras (Código: NEC-SE-RE), aplicando específicamente la metodología FEMA P-154, que se indica en la norma mencionada, metodología que por medio de un sondeo de las estructuras del sector nos ayuda a establecer el riesgo sísmico de las mismas.

La metodología FEMA P-154 permitirá determinar los factores principales que producirían daños a las estructuras ante un eventual sismo que en este sector tomando en cuenta el Máximo Sismo Considerado (MCE), que tiene un periodo de retorno de 2475 años, se prevé sea ligeramente superior a 7 según se menciona en (Aguiar, 2013).

Adicionalmente se pretende generar una matriz de riesgo volcánico, dicha matriz ayudará a determinar cómo afectaría una erupción del volcán Cotopaxi al sector; tomando en cuenta todos los fenómenos volcánicos y teniendo especial cuidado en el estudio de la afectación por los lahares, puesto que la zona evaluada tiene gran vulnerabilidad ante la ocurrencia de este fenómeno volcánico, mismo que repercutiría gravemente el sector La Armenia 1 si se produjese la erupción del volcán Cotopaxi según menciona (Secretaría de Gestión de Riesgos, s.f). La vulnerabilidad del sector ante los flujos laháricos se indica en el Gráfico 6.

La afectación por lahares en el sector de estudio se debe principalmente a que está situado a las orillas del Río San Pedro, aguas abajo de la unión de los Ríos San Pedro y Santa Clara, y

próximo al Rio Pita. Según los estudios realizados por la Secretaría Nacional de Riesgo los lahares acarreados por los ríos Pita y Santa Clara unirán sus caudales a la altura del centro comercial San Luis Shopping, a partir de ese punto el ancho y área de afectación será mucho mayor cubriendo el sector La Armenia 1 que se evalúa en esta investigación.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Debido a la migración de personas principalmente de la ciudad de Quito hacia el Valle de los Chillos, este ha experimentado un gran crecimiento poblacional generando una gran demanda de urbanizaciones, conjuntos residenciales y otro tipo de proyectos inmobiliarios, de la misma manera por la disponibilidad de grandes terrenos varias industrias han decidido asentarse en este sector.

El Valle de los Chillos antiguamente era considerado como una zona rural; sin embargo a razón de lo mencionado en la actualidad gran parte del mismo se ha transformado en una zona urbana, lo que ha generado incluso problemas por asentamientos en zonas de riesgo donde no se debería edificar.

La Armenia 1 es uno de estos sectores residenciales del Valle de los Chillos, que alberga a una gran población, en la misma se encuentran construcciones tanto nuevas como antiguas, las cuales en su gran mayoría se han ejecutado sin un adecuado control a pesar de que varios sectores se encuentran en zonas de riesgo ante fenómenos naturales.

Se debe tener en cuenta además que las normas de la construcción de años posteriores no eran tan exigentes como las actuales en cuanto a temas de prevención de riesgos por lo que las construcciones antiguas serían más vulnerables que las nuevas ante cualquier amenaza natural. Incluso actualmente en la norma nacional (Riesgo Sísmico, Evaluación, Rehabilitación de

estructuras NEC-SE-RE, 2015, pág. 26) se menciona que, "la evaluación de riesgo sísmico no es obligatoria en Ecuador, ni requisito previo a la transferencia de bienes inmuebles o su aseguramiento". Por esta razón es importante determinar la vulnerabilidad que tiene el sector en estudio, lo que contribuiría a generar una mejor comprensión de la situación en la que se encuentran las construcciones del sitio, así como determinar cuáles podrían ser las edificaciones que se verían seriamente afectadas tanto por eventos volcánicos como sísmicos.

El Valle de los Chillos se encuentra en una zona de alta actividad sísmica, siendo esta una zona de categoría V (Gráfico 1); de la misma manera con el reciente inicio de una fase eruptiva del volcán Cotopaxi se ha determinado que existe una gran cantidad de propiedades construidas en zonas de riesgo. El sector en estudio se vería afectado principalmente por los flujos laháricos que correrían por el cauce del río San Pedro (Gráficos 4 y 6).

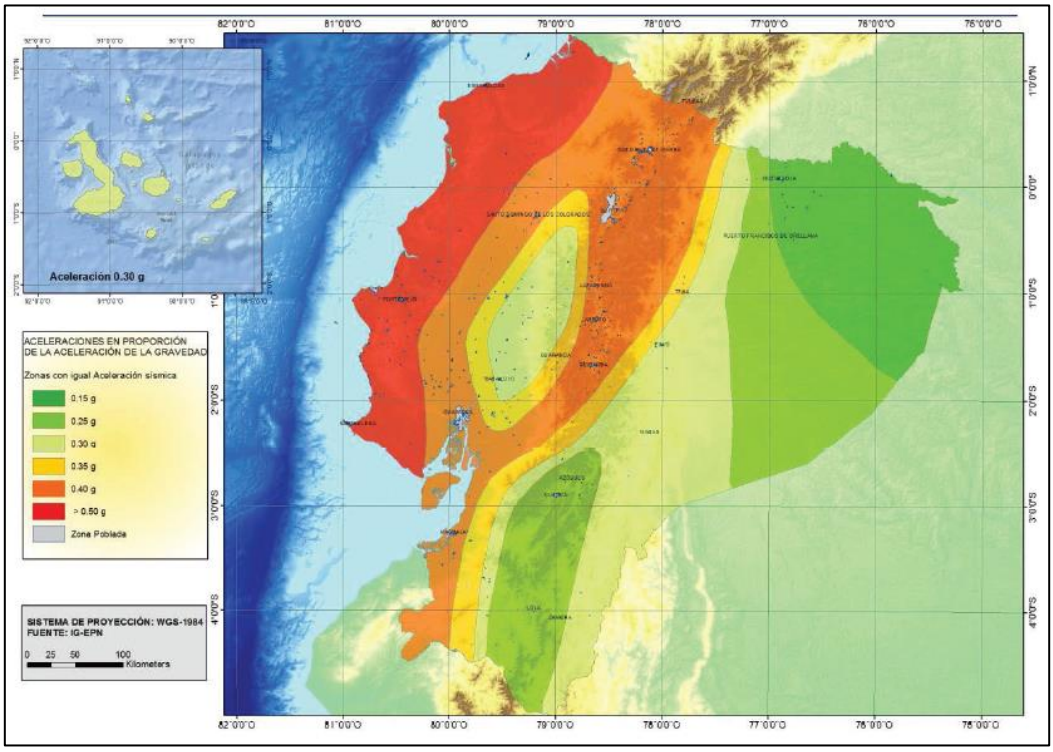


Gráfico 1. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z. Fuente: (Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente NEC-SE-DS, 2015).

Este estudio pretende determinar la vulnerabilidad del sector la Armenia 1 (Gráficos 2 y 3) ante amenazas naturales propias de la zona, que se han detallado anteriormente; el área planteada para realizar la evaluación y el perímetro de la misma se indican en los Gráficos 4 y 5. El área de evaluación, correspondiente a 175.4 metros cuadrados, se determinó basándose en el mapa de amenazas del volcán Cotopaxi que indica (Secretaría de Gestión de Riesgos, s.f), en el cual se determinan las áreas que se estiman serán afectadas por lahares en caso de erupción (Gráfico 6).



Gráfico 2. Vista Satelital del Distrito Metropolitano de Quito,
Adaptado de: Google Earth. Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.



Gráfico 3. Vista Satelital del Sector “La Armenia 1” en el Valle de los Chillos.
Adaptado de: Google Earth. Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.



Gráfico 4. Área a Evaluarse. Adaptado de: Google Earth.
Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

Coordenadas de puntos que limitan el Área a Evaluarse		
Pto	**Latitud**	**Longitud**
P1	0°17'39.57''S	78°27'55.29''W
P2	0°17'38.71''S	78°27'49.37''W
P3	0°17'42.15''S	78°27'46.96''W
P4	0°17'49.97''S	78°27'48.40''W
P5	0°17'56.61''S	78°27'44.48''W
P6	0°17'59.94''S	78°27'45.90''W
P7	0°17'56.42''S	78°27'52.51''W
P8	0°17'59.47''S	78°27'53.86''W
P9	0°17'56.82''S	78°27'59.18''W
P10	0°17'43.49''S	78°27'54.81''W

Linderos del perímetro del Área a Evaluarse	
P1-P2	Calle José Villalba
P1-P10-P9	Calle 18 de Mayo
P9-P8	Calle Gonzáles Suárez
P8-P7	Pasaje entrada a Liceo Naval
P7-P6-P5	Linderos Liceo Naval
P5-P4-P3	Borde de rio San Pedro
P3-P2	Calle José Jobaven

Gráfico 5. Perímetro del área y coordenadas de la misma.
Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.



Gráfico 6. Área afectada por lahares en la posible erupción del volcán Cotopaxi.
Adaptado de: (Secretaría de Gestión de Riesgos, s.f). Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

1.4. ANTECEDENTES

Como consecuencia de la subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana en Ecuador se han generado diversas fallas geológicas, de las cuales cabe destacar para nuestro estudio aquella que se ubica a lo largo de la ciudad de Quito, en el lado oriental de la ciudad (Hibsch, Alvarado, Yepes, Sébrier, & Pérez, 1996). Esta falla es del tipo inverso, produciendo un levantamiento del bloque de la ciudad de Quito sobre el bloque de los valles de los Chillos y Tumbaco (Yepes, 2015). El movimiento de las placas tectónicas es un proceso continuo que

se ha llevado a cabo desde hace millones de años. Proceso que ocasiona que se deba liberar la energía que se acumula cada cierto tiempo, generando eventos sísmicos y volcánicos.

Debido a lo mencionado se ha visto la necesidad de adecuar las estructuras para hacerlas sismo resistentes, para lo cual la Norma Ecuatoriana de la Construcción, en su capítulo de Diseño Sismo Resistente (NEC-SE-DS) especifica el alcance del análisis y diseño de las estructuras ante el riesgo sísmico.

Al hablar de vulnerabilidad volcánica se debe tomar en cuenta que las investigaciones realizadas demuestran que una erupción del volcán Cotopaxi provocaría graves afectaciones a las poblaciones aledañas al volcán en la provincia de Cotopaxi, pero de la misma manera la ciudad de Quito se vería afectada, así como los valles de Tumbaco y Los Chillos, los sistemas de agua potable de Quito, las vías y puentes que cruzan los valles y el Oleoducto de Transporte Ecuatoriano (GAD Provincia de Pichincha, 2015).

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

Realizar una evaluación Técnico-Visual de estructuras según NEC-SE-RE en el Sector “La Armenia 1” para la determinación de riesgo ante fenómenos naturales específicos.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Inspeccionar técnica y visualmente las edificaciones del sector “La Armenia 1”, y determinar su vulnerabilidad ante la posible amenaza sísmica.
- Definir las estructuras vulnerables ante riesgo sísmico usando la norma FEMA P-154.

- Generar una matriz de riesgo ante amenazas de origen volcánico y así poder determinar el grado posible de afectación para cada una de ellas.
- Plantear grados de afectación de acuerdo al tipo amenazas volcánicas que más afecten al sector en estudio.

1.6. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

1.6.1. Marco Conceptual

Amenaza: Amenaza o peligro es el suceso humano o natural al que está expuesto un determinado ambiente, suceso que puede ocasionar daños a la sociedad de ese ambiente, es decir a la población, infraestructura, servicios, entre otras (OEA, 1993). En Ecuador las amenazas naturales más importantes a tomar en consideración son: las erupciones volcánicas, terremotos, inundaciones y sequías

Vulnerabilidad: Esta se constituye como resultado del conjunto de características del ambiente que están sujetas a una amenaza, mismas que hacen que el ambiente tenga poca capacidad de recuperarse o adaptarse a la ocurrencia del suceso (Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, 1993).

Riesgo: Son los potenciales daños o pérdidas que se pueden producir en una determinada zona como consecuencia de la ocurrencia de un suceso natural o humano (OEA, 1993). El riesgo está determinado por la probabilidad de que ocurra un desastre debido a una amenaza. Al hablar de obras de ingeniería se define al riego como el producto del peligro que pueda existir en el

sitio de implantación de la estructura y la vulnerabilidad que presenta la misma debido a sus características estructurales,

Desastre: Implica pérdidas serias e impactos profundos en el ambiente de un sistema, mismo que necesita ayuda externa para poder manejar la situación (Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, 1993).

FEMA P-154: Es un manual para una rápida evaluación visual de las estructuras ante desastres sísmicos, mismo que es de gran ayuda por su rapidez y costo. La metodología FEMA P-154 es aplicable para casi toda obra de construcción, y su principal propósito es el de identificar:

- Edificaciones antiguas construidas con normas y criterios de diseño que no preveían eventos sísmicos.
- Edificaciones sobre suelos de mala calidad
- Edificaciones que tienen una respuesta negativa ante un sismo.

Después de realizar una evaluación con este manual el resultado que se obtiene serán todas las posibles estructuras que se verían afectadas por un sismo; mismas que deberían ser evaluadas a profundidad por profesionales experimentados en la materia aplicando otros métodos de evaluación más rigurosa. El resultado obtenido nos ratificará si la estructura evaluada se encuentra bajo riesgo sísmico (FEMA, 2015).

El manual FEMA P-154 utiliza una metodología de análisis basada en una evaluación visual rápida, en la cual el evaluador realiza una inspección por fuera y de lo posible por dentro de la edificación. El evaluador debe llenar formularios establecidos por la metodología en los cuales se detalla información específica como uso de la edificación, tamaño de la misma, una foto

actual de la edificación, un bosquejo de la edificación y de lo posible obtener documentación que especifique datos pertinentes a su comportamiento sísmico; se debe recopilar además información con respecto al sistema estructural de la edificación, las irregularidades de la misma, el tipo de suelo sobre el cual se asienta la construcción y otros modificadores a ser considerados para el análisis que propone la metodología (FEMA, 2015).

1.6.2. Marco Teórico

Vulnerabilidad sísmica y volcánica de Quito y sus Valles: Ecuador se ubica en la región del cinturón de fuego del pacífico (Gráfico 7), en donde se encuentran las zonas más afectadas por la subducción de placas tectónicas en el mundo, lo cual genera que toda esta región tenga una intensa actividad volcánica y sísmica (IGEPN, 2013).

Las amenazas naturales existentes han producido: severos daños a poblaciones, pérdida de vidas humanas y perjuicios a la economía del estado. La ubicación de una población define de manera primordial como la misma se verá afectada, tomando en cuenta lo anterior hay que destacar que para la región de la que se habla en el presente estudio “Valle de los Chillos” los fenómenos más importantes a tomar en cuenta deben ser los eventos sísmicos y las erupciones volcánicas.

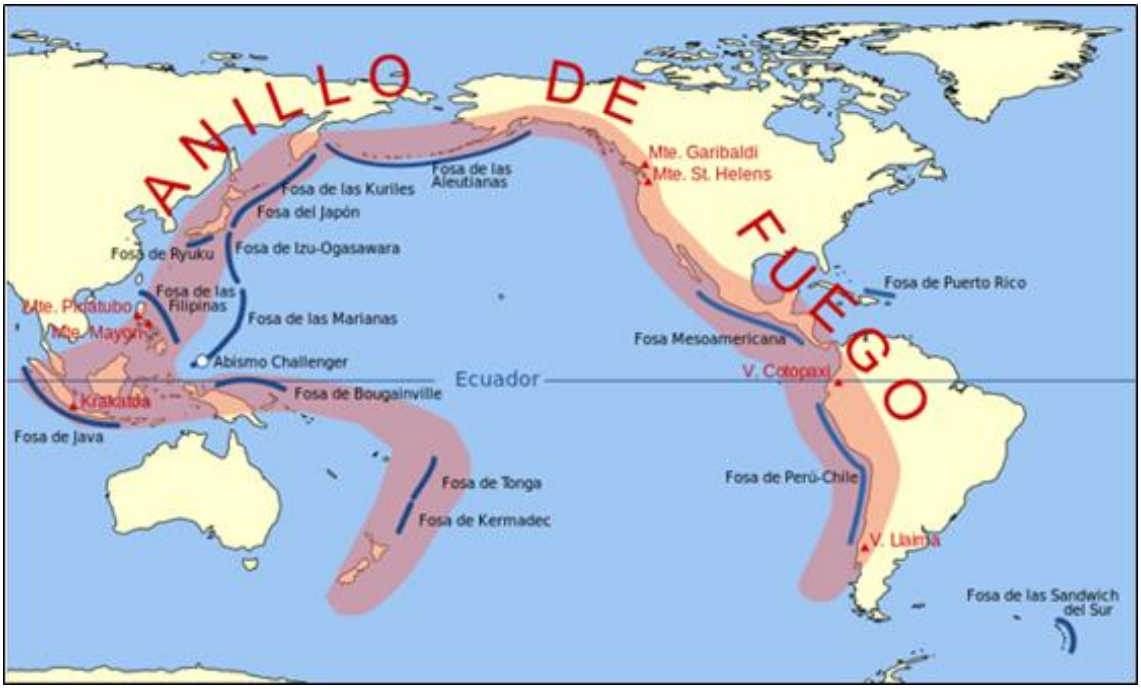


Gráfico 7. Amenaza Sísmica y Volcánica de Ecuador respecto a su ubicación en el mundo.
Fuente: (El anillo de fuego del pacífico, 2012)

1.7. IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS ANTE FENÓMENOS NATURALES

Fenómeno natural es aquel suceso de la naturaleza que se origina debido a acciones en las que no interviene el ser humano, es decir que se produce debido al continuo cambio del medio ambiente en el que se suscita. Los principales fenómenos naturales que podrían llegar a constituir un peligro son: atmosféricos, geológicos, hidrológicos, sísmicos, volcánicos e incendios (OEA, 1991).

Según lo que destaca (OEA, 1993), es importante entender la distinción entre tres conceptos fundamentales: evento físico, peligro natural y desastre natural; mismos que están estrechamente relacionados entre sí, pero cada uno tiene un significado muy específico.

Evento físico, se denomina a aquel fenómeno de carácter natural que no afecta a los seres humanos, debido a que se produce en condiciones en las que no entra en contacto con ellos (OEA, 1993), como ejemplo se puede mencionar: un derrumbe en una región inhabitada por personas en la selva amazónica, es decir no se lo llega a considerar como peligro natural.

Peligro natural, se conoce al fenómeno de carácter natural que se produce en un sector poblado o que cuya infraestructura se puede ver afectada por la ocurrencia del mismo (OEA, 1993).

Desastre natural, es un peligro natural que ocasiona una cuantiosa pérdida de vidas, así como daños en propiedades, infraestructura pública y privada, entre otras. (OEA, 1993)

Por tanto se puede decir que en las áreas en donde no se puede afectar directamente a las personas, los fenómenos naturales no son un peligro, ni tampoco causarían un desastre natural.

La intervención de los seres humanos en la naturaleza puede incrementar la severidad y ocurrencia de los fenómenos naturales debido a que en ocasiones son las personas quienes alteran gravemente el ecosistema de un sector generando que se produzcan desastres naturales (OEA, 1993). Ejemplos de lo mencionados seria:

- Realizar excavaciones en minas al costado de una montaña que inevitablemente podría producir un derrumbe afectando a todas las personas que trabajan en el sector.
- Producir una desertificación con prácticas como la tala de bosques y los monocultivos, que resultan en un cambio grave al ecosistema del sector.
- No controlar correctamente las construcciones que se generan en las ciudades, producto del desconocimiento de las personas sobre las técnicas y requisitos constructivos, así como por una incorrecta práctica profesional, lo que se traduce

como el aumento de la vulnerabilidad de dichas construcciones a sufrir graves daños ante un peligro natural, que podría convertirse inevitablemente en un desastre natural.

Considerando que las personas podríamos hacer muy poco o posiblemente nada para evitar que se produzcan los fenómenos propios de la naturaleza cabe mencionar que lo que si podemos realizar es la toma de medidas de seguridad con el objetivo de que dichos fenómenos naturales no se conviertan en desastres naturales.

Actualmente en el país, el gran y desmedido crecimiento poblacional que se ha producido ha ocasionado que las familias en busca de establecerse en un sitio para construir su hogar no tomen en cuenta el peligro o amenaza del sitio donde quieren establecer sus hogares, así mismo las construcciones que se ejecutan no son llevadas a cabo con la guía de profesionales ocasionando que los mismos se encuentren ante un eminente riesgo.

Ecuador se encuentra en una región en el cual a lo largo de los años se ha verificado que pueden ocurrir diversos fenómenos naturales que catalogan al país como un sector amenazado por dichos fenómenos, adicionalmente si se toma en cuenta el hecho de que los controles a las estructuras que se construyen en el país no se han venido realizando correctamente o que su realización se encuentra carente del suficiente estudio, hecho que genera que varias de las construcciones en el país sean vulnerables, podemos decir que las construcciones del país se encuentran en un gran riesgo.

Es importante conocer en qué estado se encuentran las construcciones actualmente ya que esto ayudaría a que se puedan generar las medidas respectivas para precautelar la vida de las personas y una menor afectación a las estructuras.

CAPÍTULO 2 RESEÑA HISTÓRICA DE ERUPCIONES DEL VOLCÁN COTOPAXI Y EVENTOS SÍSMICOS EN EL VALLE DE LOS CHILLOS

2.1. ERUPCIONES VOLCÁNICAS DEL COTOPAXI

El volcán Cotopaxi se encuentra ubicado en el cantón de Latacunga en la provincia de Cotopaxi, tiene una altura de 5897 msnm y un diámetro basal aproximado de 20 km, con un diámetro de cráter de hasta 800 metros en sentido Norte Sur y de 650 metros de Este a Oeste (Ordóñez, Samaniego, Mothes, & Schilling, 2013).

El volcán es considerado de alta peligrosidad por la frecuencia de sus erupciones y por el estilo de las mismas, que al ser combinadas con la magnitud de recubrimiento glaciar representa una gran amenaza para todas las poblaciones rurales y urbanas que se han asentado en zonas de potencial riesgo, cerca de 300.000 personas se verían afectadas en caso de una nueva erupción, esto debido a la magnitud de los lahares que se generarían (Manosalvas, 2014).

Su más notable reactivación se presentó en el 2015 acompañado de actividades fumarólicas y hasta la presente fecha todavía se presenta una actividad interna del volcán. Desde su reactivación en el 2015 se ha incrementado el monitoreo de este volcán (Actualización de la Actividad Eruptiva del Volcán Cotopaxi N° 5 - 2016 - Instituto Geofísico - EPN, 2016).

Se han realizado diversas investigaciones sobre el Cotopaxi por parte de varios científicos y expedicionarios como Hradecka (1974), Hall (1997, 2005), Miller (1978), Ettinger (2005), entre otros. De todas ellas la que consideramos más relevante acerca del volcán es la realizada

por (Andrade, y otros, 2005), la cual nos da la información sobre la historia del volcán Cotopaxi que se presentará a continuación.

2.1.1. Fases del Volcán Cotopaxi

"Cotopaxi I"

Cotopaxi I se lo denomina a un antiguo complejo volcánico, mismo que conforma los depósitos de la actividad volcánica más arcaica del Cotopaxi. Este presento una fase riolítica y una fase andesítica, propias de las zonas de subducción de placas. La denominación de las fases se debe básicamente al tipo de magma que se generaba como producto de las erupciones volcánicas que se presentaron durante este periodo (Andrade, y otros, 2005).

La fase de magma riolítico se produjo durante un periodo comprendido entre 560.000 y 420.000 años antes del presente, dicho magma es caracterizado por poseer un alto contenido de sílice, así como una alta viscosidad y contenido de gas. Los vestigios de esta fase se pueden encontrar actualmente en los flancos sur y sur-occidente del volcán. Las erupciones durante este periodo eran de gran magnitud. En esta época el volcán Cotopaxi no lucia como es actualmente, es decir no poseía su característico cono, sino más bien formaba parte de una gran caldera parecida a la del volcán Quilotoa, pero de dimensiones incluso mayores. (Andrade, y otros, 2005).

La fase de magma andesítico no se conoce exactamente durante qué tiempo se produjo, pero se sabe que fue inmediatamente después de la fase riolítica. Este magma se caracteriza por un alto contenido de sílice, como también por tener una viscosidad y contenido de gas medios. Durante esta fase las erupciones tenían un carácter menos explosivo que en la fase previa. Los grandes flujos de lava, así como la caída de escoria y ceniza producto de las erupciones

empezaron a conformar el cono volcánico que conocemos actualmente (Andrade, y otros, 2005).

Posteriormente a la fase andesítica se produjo un largo tiempo de inactividad del volcán Cotopaxi, que comprendió un periodo de aproximadamente 350.000 años, en el cual sobre el volcán inactivo se produjo el depósito de varios metros de dos unidades geológicas de gran importancia, que cubrieron casi la totalidad del denominado Cotopaxi I. Estas unidades son la Unidad Cangahua y la Unidad de la Ignimbrita Chalupas, la primera propia de la región norte de los Andes ecuatorianos, y la segunda producto de una gran erupción suscitada hace aproximadamente 200.000 años AP (antes del presente) que cubrió con depósitos la región desde Riobamba en el sur del volcán hasta el Valle de Tumbaco al norte del mismo (Andrade, y otros, 2005).

"Cotopaxi II"

Se denomina Cotopaxi II al volcán que se constituyó después del largo periodo de inactividad y que termino formando el volcán que conocemos en la actualidad. Se distinguen dos periodos, el primero comprende al Cotopaxi II-A y el segundo al Cotopaxi II-B (Andrade, y otros, 2005).

El Cotopaxi II-A se refiere principalmente a la etapa de reactivación posterior a la inactividad del volcán, esta etapa de reactivación comenzó hace cerca de 13.200 AP. Se caracteriza a esta etapa por la ocurrencia de erupciones que presentaron magmas riolíticos, erupciones de carácter muy explosivo. Aunque también se ocasionaron con menor frecuencia erupciones menos explosivas de magmas andesíticos (Andrade, y otros, 2005).

Una de las erupciones más importantes durante este periodo que merecen la pena destacar es la última erupción riolítica de este periodo, misma que se produjo hace 4500 años AP, la cual fue catastrófica. Durante la misma el cono volcánico que se había formado a lo largo de este periodo se vio gravemente afectado por la erupción, siendo el daño tan grave que casi la cuarta parte del mismo quedo destruido. Durante la erupción se produjo un lahar de gran tamaño que se lo denomina como "Lahar del Valle de Los Chillos", mismo que fue producto de la avalancha ocasionada por el derrumbe de una gran parte del cono, los flujos piroclásticos y el gran deshielo del glaciar que se fundió durante la erupción. El mencionado lahar es posiblemente el más grande que se ha producido por una erupción del volcán Cotopaxi (Andrade, y otros, 2005).

El Cotopaxi II-B se define a partir de la gran erupción producida por el Cotopaxi II-A, este periodo ha sido el que continúa hasta nuestros días, en donde se ha observado que la actividad del volcán a lo largo de los años ha sido más continua, presentando erupciones entre ciclos más cortos. Las erupciones producidas durante este periodo han sido en su mayoría de carácter andesítico, presentando solo una erupción con magmas riolíticos, dichas erupciones han constituido el cono volcánico que hoy en día reconocemos en el volcán Cotopaxi (Andrade, y otros, 2005).

2.1.2. Recolección de datos históricos

Como se destaca en (Andrade, y otros, 2005), a pesar de que las diversas culturas que habitaron el Ecuador antes de la conquista española debieron haber sido testigos de las erupciones volcánicas del Cotopaxi, la falta del registro escrito por parte de las mismas ha ocasionado que dichos conocimientos se pierdan en el olvido. De tal manera que los únicos

registros históricos de las erupciones volcánicas del Cotopaxi se empiezan a recolectar tras la llegada de los conquistadores españoles al Ecuador, es decir a partir del año 1532.

Es así, que hoy en día conocemos que tras los 500 años de la llegada de los españoles el volcán Cotopaxi ha presentado ciclos de erupciones importantes de al menos una vez cada siglo, en donde cabe destacar que durante el siglo veinte no se presentaron erupciones de características relevantes como en otros siglos (Andrade, y otros, 2005). Actualmente el volcán se encuentra activo.

En el Anexo 1 se presenta una tabla que nos indica las erupciones volcánicas del Cotopaxi que han sido registradas hasta el día de hoy, para conformar la misma se ha resumido lo investigado (Peltre, 1989) y (Andrade, y otros, 2005).

2.2. EVENTOS SÍSMICOS

En Ecuador la generación de sismos se debe primordialmente al proceso de subducción que se genera entre la placa de Nazca bajo la Sudamericana (Rivadeneira, y otros, 2007) (Ver Gráfico 9), pero se debe tener presente que Ecuador también se encuentra atravesado por la placa del Caribe, como se indica en el Gráfico 8.

El proceso de subducción de placas tectónicas ocasiona que en el continente se generen diversas fallas, de esta manera en el Gráfico 10 se presentan las fallas geológicas que se han generado en el Ecuador Continental. El interés en el conocimiento de las fallas que se pueden originar destaca en la importancia de la Falla de Quito para nuestro estudio.



Gráfico 8. Placas tectónicas al norte de América del Sur.
Fuente: Curso de Diseño Sismo Resistente - Ing. Juan Carlos Garcés.

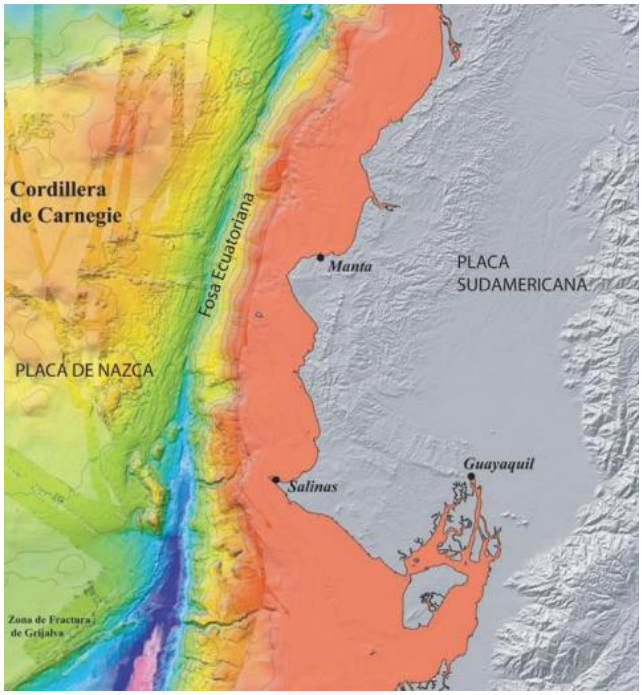


Gráfico 9. Placa Sudamericana y Placa de Nazca.
Fuente: (Rivadeneira, y otros, 2007)

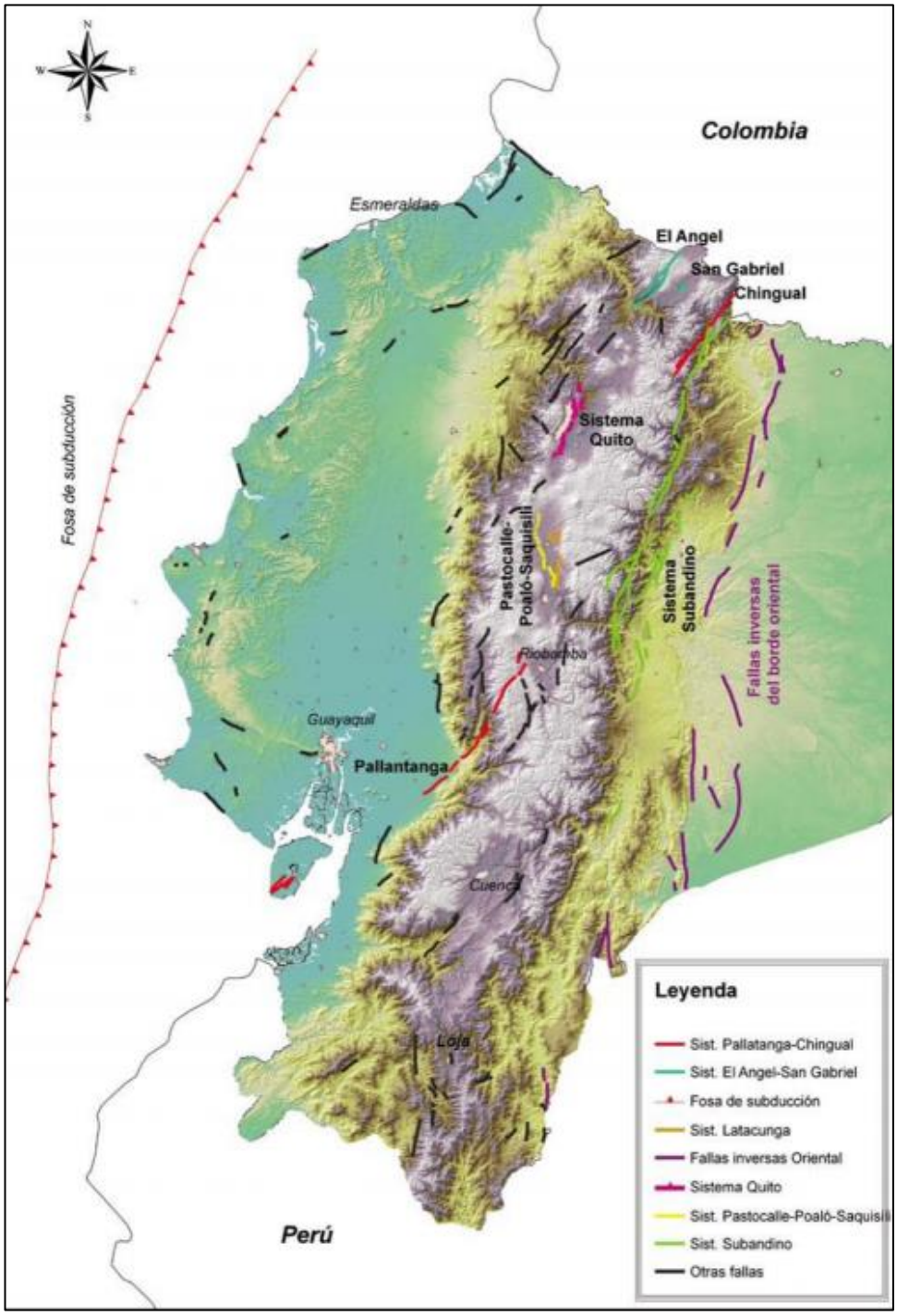


Gráfico 10. Fallas presentes en Ecuador.
Fuente: (Rivadeneira, y otros, 2007)

2.2.1. Tipos de Sismos

Como menciona (Tavera, s.f) podemos identificar 4 tipos de sismos importantes a considerarse en el Ecuador: sismos outer-rise, sismos thrust, sismos corticales y sismos interplaca de profundidad intermedia y profunda (Ver Gráfico 11).

Sismos outer-rise: Conocidos también como sismos interplaca oceánica, son aquellos que se producen en la proximidad del límite de contacto entre la placa de Nazca y la Sudamericana. La importancia de este tipo de sismos no es tan grande, debido a que la fuente que los produce se encuentra alejada de las costas y se originan a profundidades de hasta 40 km, generando sismos que casi no se sienten en el continente, sin embargo no se la debe pasar por alto debido a que en 2001 un sismo de este tipo se produjo en Chile con una magnitud de 6.9 Mw (Tavera, s.f).

Sismos thrust: Se generan a profundidades de hasta 60 km. Se los denomina también como sismos interplaca, son aquellos producidos debido a que la colisión que se produce entre la placa de Nazca y la Sudamericana se da a lo largo de una superficie sobre la cual ambas placas intentan vencer el movimiento de la otra y en el instante en que esto se consigue se produce la liberación de energía y con esto los sismos tipo thrust o de empuje. Este tipo de sismos son los más importantes ya que mientras transcurre un mayor tiempo sin que se libere la energía acumulada en la colisión de placas el sismo que se producirá tendrá una mayor magnitud. (Tavera, s.f).

Sismos corticales: Debido al choque entre placas tectónicas se pueden producir diversos tipos de fallas (normales, inversas y transcurrentes), en ciudades como Quito es evidente la existencia de fallas como las descritas. La activación de estas fallas producen los sismos

corticales, mismos que producen daños de considerable importancia especialmente porque se generan a profundidades de hasta 15 km (Tavera, s.f).

Sismos de profundidad intermedia y profunda: Los sismos de profundidad intermedia se generan a profundidades mayores a 100 km, mientras que los profundos se denomina a aquellos cuyo foco o hipocentro se halla entre 500 a 750 km de profundidad, ambos se producen debido a que la placa oceánica, que es más fría que la placa de Nazca, se subduce y al introducirse en el manto de la tierra se fractura como resultado de la elevación de la temperatura y de la fuerza gravitatoria, esta fracturación es la que genera los sismos de profundidad intermedia y profunda (Tavera, s.f).

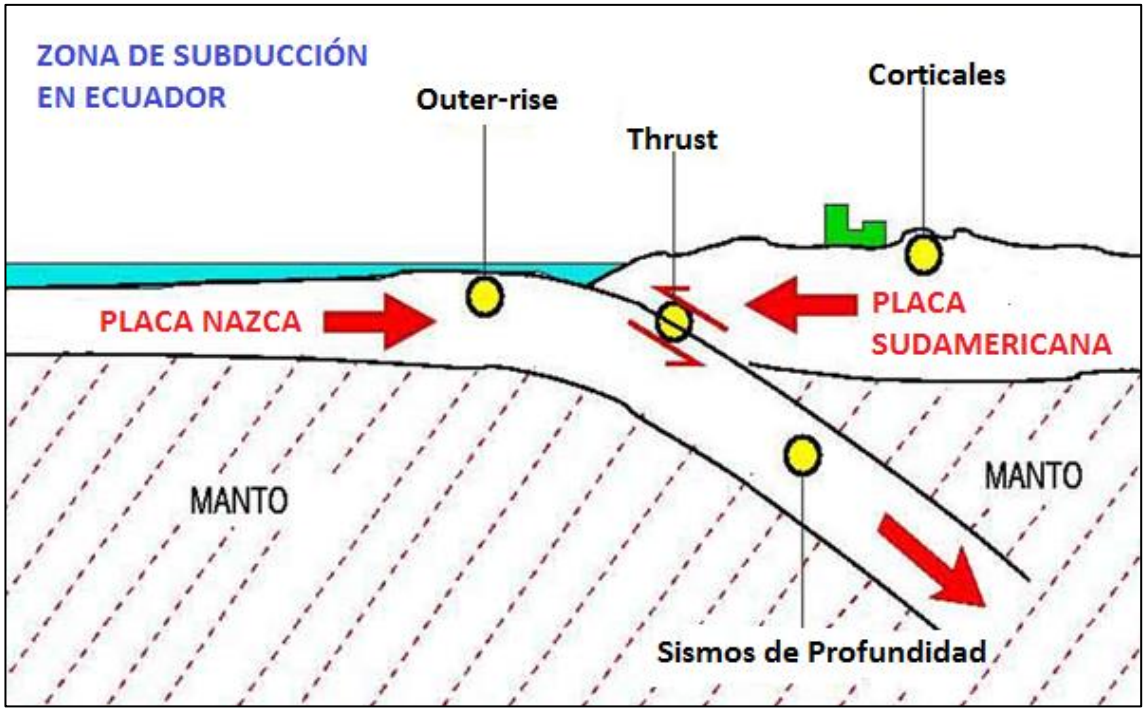


Gráfico 11. Tipos de Sismos
Adaptado de: https://goo.gl/eItRq2

2.2.2. Recolección de datos históricos

En el territorio ecuatoriano los sismos que se producen al año si se toman en cuenta los de pequeña magnitud y los no registrados por los sismógrafos se pueden llegar a contar por miles. De esa gran cantidad de sismos los que se podría considerar como los más importantes, debido a lo que ocasionaron y que se han registrado desde 1541 son 38, mismos que se indican en la Anexo 2. Estos sismos se consideran de importancia debido a que han igualado o superado la intensidad VIII MM (Escala Mercalli Modificada). Este tipo de sismos se consideran catastróficos, produciéndose daños en estructuras que se pueden considerar como bien diseñadas y construidas (Rivadeneira, y otros, 2007).

En el Gráfico 12 se indican los sismos de magnitud mayor o igual a 5 que se han generado en Ecuador, como se puede observar prácticamente toda la superficie de territorio está cubierta por puntos que representan epicentros de sismos, lo cual nos indica que en todo el país se debe dar vital importancia a los sismos al momento de realizar un estudio sísmico.

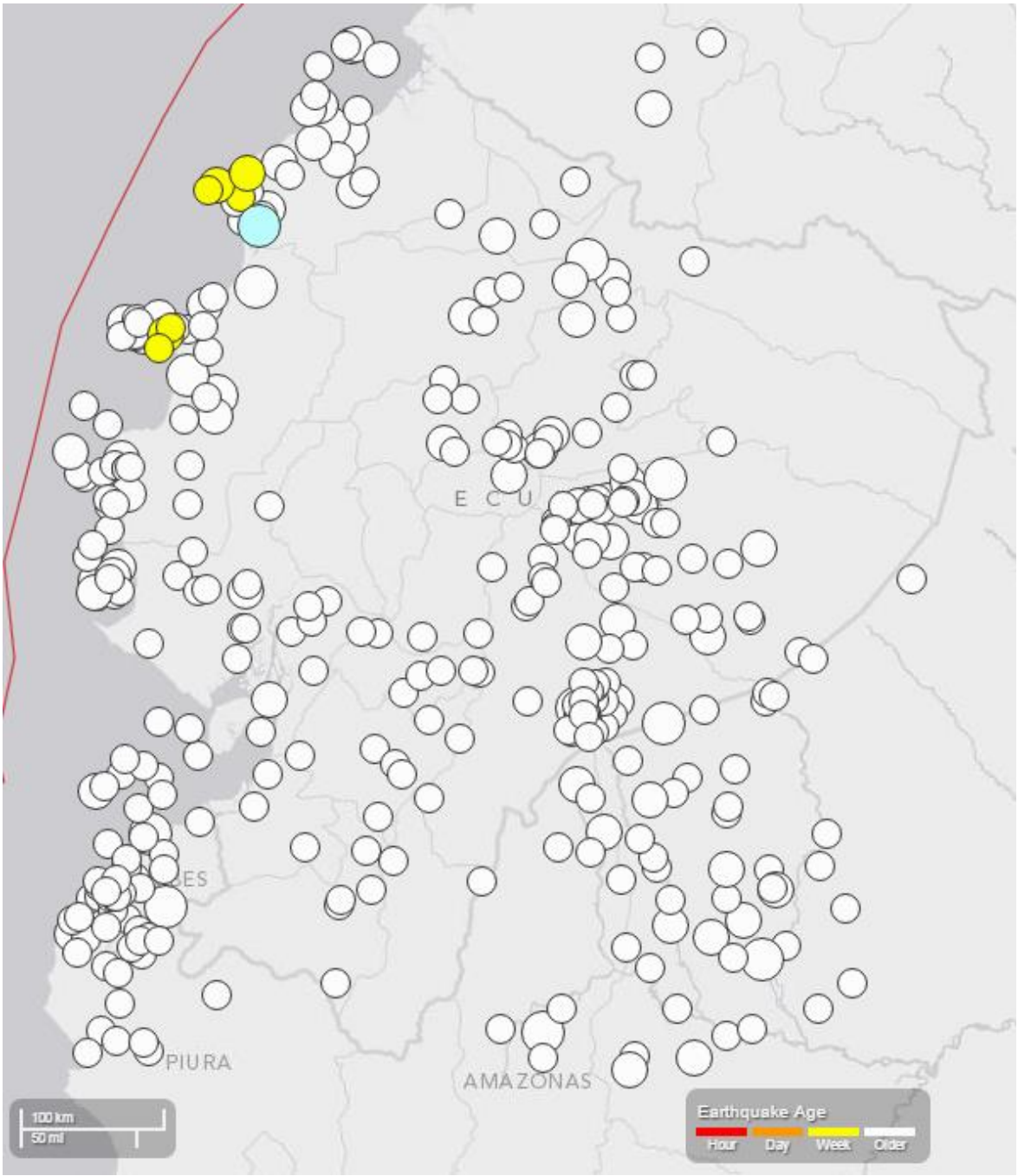


Gráfico 12. Sismos de magnitud mayor o igual a 5 registrados hasta el 11 de Mayo de 2016. Elaboración Propia, Realizado con la herramienta Latest Earthquakes del USGS, http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/

Tal y como se enuncia en (Rivadeneira, y otros, 2007), la sismicidad histórica del país es diferente en cada región, puesto que depende de las características tectónicas y geológicas del sitio, composición de los estratos, fallas tectónicas activas, entre otras. Históricamente los sismos que han ocasionado mayores daños a Ecuador, es decir en donde se ha tenido sismos de mayor intensidad, han sido los que han afectado a las poblaciones de la serranía ecuatoriana, pero esto se debe principalmente a que esta región ha sido históricamente a lo largo de los años más habitada que la costa, amazonia o región insular. Mientras que el sismo de mayor magnitud, es decir el que ha liberado una mayor energía, es el registrado en las costas de Esmeraldas el 31 de Enero de 1906 con una intensidad de IX.

Los sismos que se han generado en la región de la sierra y el oriente ecuatoriano se han producido principalmente debido a las fallas tectónicas que tiene el país. La región costera en cambio ha sufrido sismos debido primordialmente a las rupturas en la zona de subducción. Al hablar de la región insular es notable tomar en cuenta el hecho de que al haber sido formadas por la acción volcánica esta presenta una actividad sísmica y volcánica alta, sin embargo hasta el momento los sismos en esta región no han presentado intensidades mayores o iguales a VIII.

Es importante establecer una distinción entre riesgo sísmico y la peligrosidad sísmica. El riesgo sísmico toma en cuenta el peligro o amenaza sísmica y la vulnerabilidad con el fin de determinar la afectación y posibles daños que produciría un sismo. Se conoce como peligrosidad sísmica a "*la probabilidad de ocurrencia de un sismo en un área determinada y por un tiempo determinado, con características de desplazamiento, velocidad, aceleración y magnitud determinadas"* (Aguiar, 2008, pág. 7).

Para determinar la peligrosidad sísmica y la zonificación de un sector se debe evaluar la intensidad sísmica y su magnitud, pues estas aunque están relacionadas tienen conceptos diferentes y determinan valores distintos. La intensidad sísmica es aquella que mide los efectos causados a las estructuras y a las personas en función de los daños que puede provocar un sismo y la magnitud mide la cantidad de energía que es liberada en el foco o hipocentro durante el sismo (Aguiar, 2008).

Un sismo tiene una sola magnitud, pero la intensidad irá variando dependiendo del sector donde se la esté analizando, pues la variable principal para determinar la intensidad y que varía su resultado es la distancia al epicentro, a mayor distancia la intensidad del movimiento generalmente disminuye y por ende los efectos destructivos que pueda causar a las estructuras y que la gente perciba será mucho menor. Pero se debe mencionar que un aspecto importante a tomar en cuenta es el tipo de suelo sobre el cual se encuentren las estructuras puesto que este influye también en la intensidad del sismo.

Una estructura puede verse afectada por sismos provenientes de diversas fuentes como fallas geológicas o sismos interplaca. Es imposible determinar cuál es el sismo que generará las mayores afectaciones pues esto depende principalmente de la intensidad con la que se lo sienta en el sector y los efectos que produzca a la estructura; por tal motivo se deberá analizar todas las fuentes cercanas al sitio donde se pretende implantar la estructura para lo cual se utiliza las curvas de atenuación, las cuales definen la intensidad con la que llegará la onda sísmica en un sector. También es indispensable el estudio del suelo donde se asentará la estructura, pues se debe conocer las aceleraciones máximas del suelo.

Una curva de atenuación es la representación mediante una ecuación en la que se relaciona la magnitud, distancia, aceleración y velocidad para estimar la amplitud de los movimientos del suelo que se esperarían a una distancia determinada del epicentro (Aguiar, 2008). En la Gráfico 13 se observan las curvas de atenuación según las ecuaciones de Donovan, Esteva y Katayama para un sismo de Mw = 8.

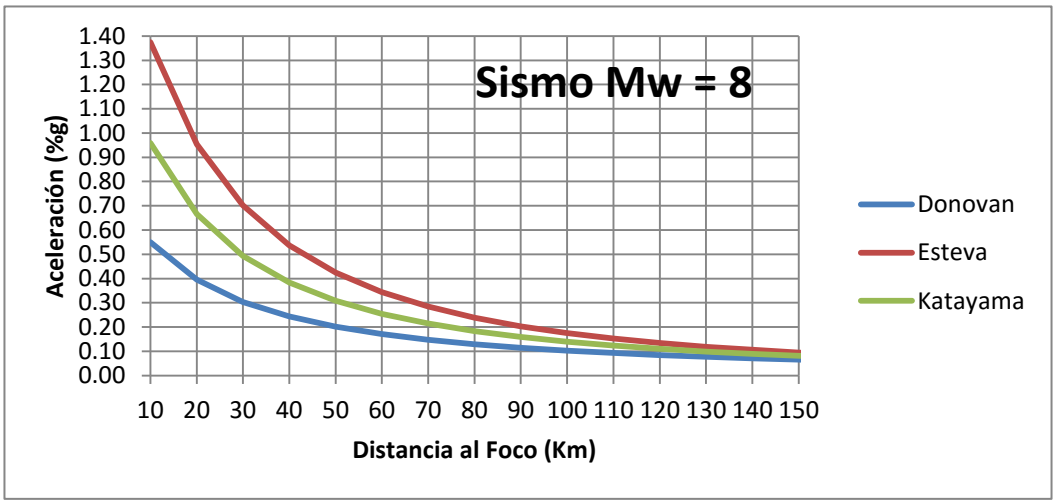


Gráfico 13. Curvas de Atenuación.
Fuente: Curso de Diseño Sismo Resistente - Ing. Juan Carlos Garcés.

En el gráfico presentado se presentan 3 curvas de atenuación, planteadas por autores diferentes; en ellas se puede observar claramente que a mayor distancia la aceleración producida en un sismo va disminuyendo conforme se aleja del foco.

2.2.3. Falla Geológica de Quito

La falla de Quito se encuentra ubicada a lo largo de la franja este de la ciudad, específicamente a lo largo de las pendientes que dan a los valles de Los Chillos y Tumbaco y colinas que delimitan el borde oriental de la ciudad las cuales son Lomas del Tablón, Puengasí, Lumbisí, El Batán, La Bota y Bellavista-Catequilla. Este tipo de falla es conocida como una falla

inversa; se llama así porque el movimiento del bloque es en sentido contrario al de la fuerza de gravedad produciendo que el bloque sobre el cual se asienta Quito se levante sobre el bloque donde están los valles. Estos movimientos de placas son producidos por la compresión que sufre la placa tectónica continental, dichos movimientos han generado a lo largo de la historia una diferencia de cotas entre Quito y los valles de alrededor de 400 metros (Rivadeneira, y otros, 2007).

CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA A UTILIZARSE PARA LA EVALUACIÓN SÍSMICA DE LAS ESTRUCTURAS DEL SECTOR “LA ARMENIA 1”: RAPID VISUAL SCREENING OF BUILDINGS FOR POTENTIAL SEISMIC HAZARDS: A HANDBOOK "FEMA 154"

El presente capítulo se ha desarrollado en base a lo que se describe en FEMA P-154, Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards – A Handbook, Third Edition (FEMA, 2015). El soporte técnico que respalda esta metodología se encuentra en FEMA P-155, Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards – Supporting Documentation (FEMA, 2015).

La evaluación de un sector para determinar su riesgo ante posibles eventos sísmicos es una tarea que sería recomendable implementar en todos los municipios que se encuentran en zonas sísmicas, y así prevenir posibles desastres y la pérdida de vidas humanas. Para agilizar el proceso de evaluación y para disminuir los costos que implica, se puede realizar una evaluación rápida de las estructuras, de la cual se puede determinar todas las posibles estructuras que se verían afectadas por un sismo, y a ellas realizar una evaluación más profunda y detallada.

Es por esta razón que se aplicó este tipo de metodología de evaluación en el presente trabajo, la cual ya ha sido desarrollada he implementada por el organismo norteamericano Federal Emergency Management Agency (FEMA). En el presente capítulo se ha desarrollado una traducción e interpretación de la norma FEMA P-154, la cual describe cómo se desarrolla una rápida evaluación técnico visual de estructuras.

3.1. INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA

3.1.1. Descripción General

El Análisis Visual Rápido al que nos referiremos como (RVS) a partir de este momento, por sus siglas en ingles “Rapid Visual Screening”, es un procedimiento que se ha desarrollado con la finalidad de identificar aquellas estructuras que son potencialmente peligrosas ante eventos sísmicos, es decir que frente a un evento sísmico son preocupantemente vulnerables. Una vez que se ha identificado a una estructura como potencialmente peligrosa, se la debe evaluar a mayor profundidad por un profesional con experiencia en el diseño sísmico, quien ayudará a determinar si en verdad la construcción es peligrosa sísmicamente (FEMA, 2015).

El procedimiento RVS usa una metodología que se basa en un estudio visual de la estructura que implica la recopilación de datos de la misma en formularios específicos para esta metodología, dichos formularios se indican en el Anexo 1. La persona que conduce el estudio y recopilación de datos de la estructura realiza una observación de la misma desde el exterior de la construcción, y de ser posible desde el interior.

El objetivo de los formularios es ayudar a determinar una puntuación final para cada estructura que se analice lo cual nos proveerá una indicación de cuál sería el desempeño sísmico esperado de la estructura. Como se indica en el Anexo 1 existen dos niveles de análisis: el Nivel 1, y adicional a este se tiene un nivel opcional, Nivel 2.

El formulario de Nivel 1 recolecta información de la descripción de la estructura que incluye: el uso de la misma, su tamaño, geometría, fotografía, boceto y otra documentación, así como datos pertinentes al desempeño sísmico de la estructura (FEMA, 2015). A cada estructura se le asigna una puntuación básica que está en función del sistema estructural que constituye la

misma, la puntuación básica y los diversos sistemas estructurales que reconoce el FEMA se encuentran definidos en el formulario del Nivel 1. El evaluador obtendrá la puntuación final afectando la puntuación básica con los modificadores de puntuación, los cuales están relacionados con los atributos de desempeño de la estructura que se puedan observar en campo, estos son sumados o restados a la puntuación básica para así obtener la puntuación final del Nivel 1.

Como ya se mencionó existe también un nivel opcional de análisis, este se define como Nivel 2. El nivel 2 es un análisis más detallado del edificio, para ser realizado se utiliza el formulario de Nivel 2. Este nivel de análisis permite al evaluador ajustar la calificación final de la estructura.

La puntuación básica, modificadores de puntuación y puntuación final han sido desarrolladas tomando en cuenta la probabilidad del colapso de la estructura debido a la ocurrencia de un sismo poco frecuente (FEMA, 2015), es decir debido al movimiento de suelo que se produce como consecuencia del Máximo Sismo Considerado (MCE).

El rango en el cual oscila la puntuación final está entre 0 a 7, una mayor puntuación indica que la estructura tiene un mejor desempeño sísmico y una probabilidad baja de colapso. FEMA sugiere que a este rango de calificaciones se establezca un valor mínimo para diferenciar la respuesta de una estructura ante el MCE entre aceptable y no aceptable. Este valor mínimo se lo llama "Cut-Off" y se sugiere que sea 2; y representa el valor para el cual estructuras con esta o menor calificación tendrán que ser sometidas a evaluaciones más detalladas, pues no se espera una buena respuesta de la estructura (FEMA, 2015).

Es importante tomar en cuenta que la metodología RVS identifica los atributos y características que podrían contribuir a que la estructura presente un pobre desempeño sísmico, y que la metodología realiza suposiciones conservadoras que han sido realizadas en el desarrollo de la misma. Por lo que al haberse desarrollado esta metodología como un método que recopila información del edificio desde el exterior, con inspecciones interiores no siempre posibles, puede ocurrir que no se observe e identifique detalles peligrosos que defina a la estructura como vulnerable ante eventos sísmicos. Así mismo puede suceder que inicialmente se identifique una estructura como potencialmente peligrosa pero después de un análisis más profundo y completo la misma puede indicar que tiene un desempeño adecuado (FEMA, 2015).

Esta metodología es muy útil debido principalmente al tiempo que se puede tardar en ejecutar la misma así como el costo que conlleva realizarla. La metodología RVS puede servir como parte eficaz de un programa de gestión de riesgos más amplio. Especialmente cuando se pretende analizar una gran cantidad de estructuras la metodología RVS puede ayudar a eliminar la necesidad y el alto costo de hacer un análisis sísmico detallado para cada estructura y más bien analizar aquellas que si presentan problemas en su desempeño sismo resistente, lo cual permitiría ahorrar horas, días o incluso más tiempo de esfuerzo por parte del ingeniero profesional.

Este procedimiento como ya se ha descrito emplea un sistema de calificación que requiere el evaluador o agente de control para determinar el tipo de estructura, es decir el sistema estructural principal que resistirá las cargas producidas en un sismo, por medio de la identificación de los materiales de construcción que soportan las cargas de gravedad e

identificar las características de la estructura que modifican el comportamiento sísmico esperado de la misma. La recolección de datos y calificación típica conlleva alrededor de 15 a 30 minutos por estructura, sin embargo hay que tomar en cuenta que la evaluación podría tardarse más si el acceso a la estructura es posible, así mismo si es que se desarrolla una evaluación de Nivel 2 (FEMA, 2015).

Según (FEMA, 2015), los evaluadores pueden ser ingenieros civiles, ingenieros estructurales, arquitectos, diseñadores profesionales, fiscalizadores de construcción, bomberos, estudiantes de ingeniería, estudiantes de arquitectura, o cualquier otro individuo que este familiarizado con el campo del diseño de estructuras o construcción.

A pesar de que esta metodología se la puede realizar desde la vereda, sin la necesidad de ingresar a la misma y realizar un análisis o cálculos estructurales; la confiabilidad y fiabilidad de la evaluación puede incrementarse si se corrobora el sistema estructural o si se tiene a mano los documentos de construcción de la estructura.

Si una estructura recibe una calificación alta, es decir sobre el "cut-off" que se ha definido anteriormente, se considera que la estructura tendrá una resistencia sísmica adecuada ante un sismo poco frecuente. La calificación de la estructura refleja la probabilidad del colapso total o parcial de la misma, y no se define como un indicador de que la estructura pueda ser usada después del evento sísmico. Por el contrario, aquellas estructuras con calificaciones inferiores al "cut-off" deberán ser objeto de un estudio más amplio y completo en cuanto a su desempeño sismo resistente, lo que implicará un costo y esfuerzo mayor (FEMA, 2015). Se recomienda para aquellos edificios que requieren una evaluación estructural más detallada

llevarla a cabo en base a ASCE/SEI 41-13, Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings (ASCE, 2014).

Un aspecto fundamental en la evaluación y calificación de la estructura es que la calificación de la misma depende de la región sísmica en donde se encuentra implantada la estructura, buscando determinar la probabilidad de colapso para el MCE, para lo cual FEMA P-154 ha definido cinco regiones sísmicas: Regiones de Baja Sismicidad, Regiones de Moderada Sismicidad, Regiones de Moderadamente Alta Sismicidad, Regiones de Alta Sismicidad y Regiones de Muy Alta Sismicidad.

Para cada una de las regiones existen los respectivos formularios de Nivel 1 y Nivel 2, tal como se indica en el Anexo 1. La división en regiones sísmicas pretende reflejar el diseño sísmico y las prácticas constructivas en esa región, lo cual es importante debido a que no son los mismos en todas partes.

Adicional a lo mencionado hay que destacar que la metodología FEMA P-154 también considera modificadores de calificación que permiten ajustar la calificación del edificio para reflejar los edificios construidos antes de que se implementaran las provisiones sísmicas en el diseño y construcción de estructuras, lo que se conoce como pre-código; de igual manera se considera modificadores de calificación para el periodo después de que las provisiones sísmicas modernas fuesen requeridas, lo que se conoce como año de referencia “benchmark year”.

La metodología RVS se ha creado para aplicarse a prácticamente todo tipo de estructuras convencionales, es decir para varios sistemas estructurales, sin embargo esta metodología no

es aplicable para puentes, torres altas, y otro tipo de construcciones que no son identificados por FEMA P-154.

3.1.2. Evaluación provista por FEMA P-154 en comparación con otras evaluaciones existentes

La primera publicación de FEMA P-154 fue desarrollada por el Concilio de Tecnología Aplicada (ATC) bajo contrato de FEMA, en el proyecto denominado ATC-21, mismo que se publicó en 1988. Con el paso de los años los documentos que forman parte del reporte original de FEMA han sido actualizados, es así que actualmente la evaluación FEMA-P154 se encuentra en su tercera edición. A la par del desarrollo de esta evaluación, el Concilio de Tecnología Aplicada (ATC), la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE) y el Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción (NIBS) también han desarrollado documentos que sirven de guía para comprender la seguridad de construcciones existentes ante eventos sísmicos. De igual manera se han creado publicaciones que permiten evaluar y reparar las construcciones afectadas por sismos, lo cual no es el caso de este estudio.

El uso de la metodología RVS provista por la evaluación indicada en FEMA P-154 posee ciertas ventajas así como desventajas en comparación con las metodologías desarrolladas por otras evaluaciones. A continuación se enuncian algunos beneficios y limitaciones en cuanto al uso de la metodología RVS:

Ventajas:

La principal ventaja de la metodología es la rapidez con la que se puede aplicar la misma, así como la capacidad de que sea llevada a cabo por evaluadores que no necesariamente deben ser ingenieros estructurales, pero que obviamente deben ser preparados y entrenados para realizar

la evaluación, lo cual disminuye en gran medida los costos que implica la ejecución de la metodología (FEMA, 2015). Otras herramientas disponibles de evaluación requerirían un esfuerzo, experiencia y presupuesto mayores a los que se tienen con la metodología.

La metodología RVS ha sido utilizada por diferentes personas y jurisdicciones desde su primera publicación a lo largo de los Estados Unidos con resultados positivos en cuanto a la evaluación de edificios existentes frente a eventos sísmicos (FEMA, 2015), lo cual ha generado que se tenga un gran historial de uso real de la metodología.

Desventajas:

El hecho de que la evaluación se realice desde el exterior de una construcción sin el beneficio en ocasiones de poder ingresar a la misma o sin que se disponga de planos y cálculos estructurales se traducen en una disminución en la exactitud de la metodología, que si se la compara con aquellas que requieren una evaluación más detallada, demorada y costosa.

Es posible que muchas estructuras están cubiertas con acabados arquitectónicos como sus fachadas; en estos casos no se podrá identificar de manera correcta el sistema estructural y será necesaria una inspección dentro de la estructura (FEMA, 2015).

Al ser el ingreso al interior de la construcción no siempre posible debido a limitaciones de tiempo o de acceso puede generarse que no se identifique peligros interiores de la estructura así como que se disminuya el entendimiento del sistema estructural y algunas deficiencias que el mismo pueda presentar.

Por todo lo mencionado anteriormente es importante implementar un programa de calidad que garantice la correcta ejecución de la evaluación por parte de las personas que la realizan así como de su respectiva recolección y procesamiento de datos.

A continuación se presenta una tabla que puede servir como guía en la comprensión del contraste y comparación de la evaluación del FEMA en con otras evaluaciones desarrolladas por diversas instituciones.

Tabla 1. Comparación de los Métodos de Evaluación Sísmica Prominente en los Estados Unidos

Edificios no afectados por sismos	FEMA P-154	ASCE/SEI 41 Tier 1	ASCE/SEI 41 Tier 2	ASCE/SEI 41 Tier 3 FEMA P-807 FEMA P-58 HAZUS
Edificios afectados por sismos	ATC-20 Rapid	ATC-20 Detailed	FEMA 352 ATC-52-4	FEMA 306 ATC-52-4
Tiempo requerido para la evaluación	Minutos	Horas	Días	Semanas
Costo relativo	$	$$	$$$	$$$$
Personal requerido	Profesionales de la construcción debidamente capacitados.	Ingenieros estructurales con experiencia en evaluación y diseño sísmico.		

Fuente: (FEMA, 2015, págs. 11, Capítulo 1). Traducido por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

3.2. PLANIFICACIÓN DE TRABAJOS PREVIO A LA EVALUACIÓN EN CAMPO

3.2.1. Selección de los Formularios de Recolección de Datos

Cada Formulario de Recolección de Datos tiene una página de Nivel 1 y una página opcional de Nivel 2. Hay cinco tipos de Formularios de Recolección de Datos, cada uno ha sido desarrollado para una región sísmica específica. Los formularios varían en cuanto a los valores

de la calificación inicial y los modificadores de calificación, así como en el criterio de calificación que se prevé en la página del Nivel 2, la variación de valores está en función del formulario que se utilice.

3.2.1.1. Determinación de la Región Sísmica

La selección correcta del Formulario de Recolección de Datos se consigue con la adecuada determinación de la región sísmica de implantación de la estructura. Para dicho fin se puede utilizar la herramienta que es provista por el USGS denominada "Worldwide Seismic Design Tool (Beta)" (Gráfico 13), de la cual se puede obtener los valores de aceleración espectral específicos para el sitio para periodo corto Ss y para un segundo S_1.

Una vez que se ha determinado los valores de Ss y S_1 con la ayuda de la Tabla 4 se puede determinar la región sísmica del lugar que se está analizando.

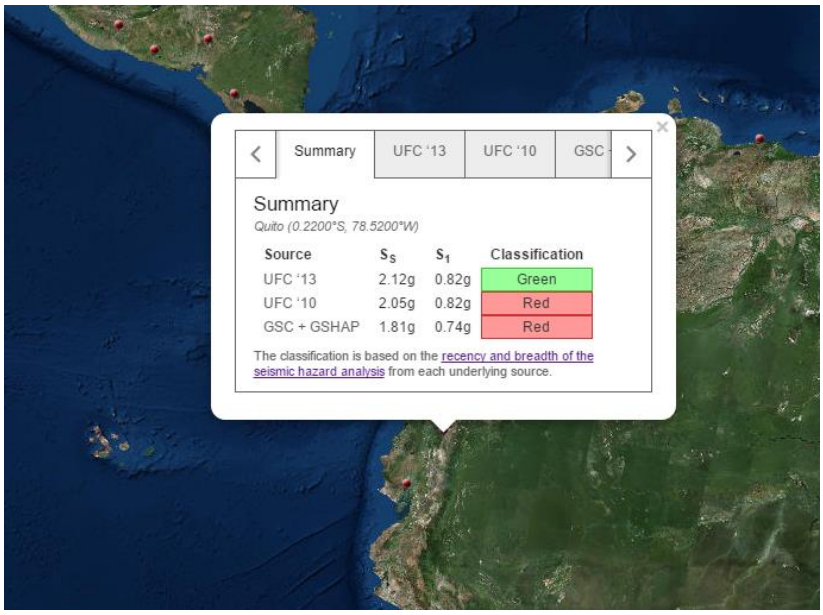


Gráfico 14. Valores para los coeficientes Ss y S_1.
Fuente: (U.S. Geological Survey, 2016)

Tabla 2. Determinación de las Regiones Sísmicas en base a la Repuesta de Aceleración Espectral para MCE_R.

Región Sísmica	Respuesta de Aceleración Espectral, Ss (periodo corto o 0.2 segundos)	Respuesta de Aceleración Espectral, S1 (periodo largo o 1 segundo)
Bajo	Menor que 0.25g	Menor que 0.10g
Moderado	Mayor o igual que 0.25g y menor que 0.50g	Mayor o igual que 0.10g y menor que 0.20g
Moderadamente Alto	Mayor o igual que 0.50g y menor que 1.00g	Mayor o igual que 0.20g y menor que 0.40g
Alto	Mayor o igual que 1.00g y menor que 1.50g	Mayor o igual que 0.40g y menor que 0.60g
Muy Alto	Mayor o igual que 1.50g	Mayor o igual que 0.60g

Nota: g = aceleración de la gravedad en dirección horizontal.

Fuente: (FEMA, 2015, págs. 16, Capítulo 2). Traducido por: Pablo Almagro y Xavier Paredes

3.2.1.2. Determinación de las fechas de adopción de los códigos sísmicos

Un dato importante que se debe tomar en cuenta al momento de realizar la evaluación de las construcciones es: el año en el cual los códigos sísmicos fueron adoptados y aplicados, así como el año en el cual los códigos sísmicos tuvieron una significativa mejora (este año se conoce como "benchmark year") (FEMA, 2015). Hay que tomar en cuenta que para los diversos sistemas estructurales que se pueden implementar en las construcciones se tiene diferentes códigos y normas que los rigen.

Los dos tipos de años que se enunciaron anteriormente ayudan a determinar los modificadores de calificación designados como "Pre-Código" y "Post-Referencia" cuyos valores se indican respectivamente en la página de Nivel 1 de los Formularios de Recolección de Datos (FEMA, 2015).

En las regiones de Baja Sismicidad las calificaciones básicas para cada estructura han sido determinadas asumiendo que los edificios fueron construidos sin hacer mayores consideraciones en cuanto a los códigos sísmicos. Para estas regiones el modificador de calificación "Pre-Código" no es aplicable, mientras que el modificador "Post-Referencia" se aplica a aquellas construcciones que han sido ejecutadas después de la adopción de los códigos sísmicos (FEMA, 2015).

3.2.1.3. Determinación del nivel límite de calificación "cut-off"

Para está metodología sugiere establecer una calificación de 2 como “cut-off”, es decir un punto o nivel que nos indicará un límite, es así que precisamente a las estructuras que presentan una calificación final de 2 o menos se las clasifica como estructuras que deben ser investigadas por un profesional en el diseño sísmico, mismo que debe realizar un análisis más completo de la estructura (FEMA, 2015).

3.2.2. Adquisición y revisión de los datos de las construcciones previo a la evaluación de las mismas en campo

La información referente al sistema estructural, año de construcción de la estructura, uso y ocupación de la misma son datos que ayudan a realizar la evaluación. Se debe procurar la obtención de dichos datos previo a la evaluación en campo de las construcciones (FEMA, 2015).

3.2.2.1. Bases de Datos Municipales

Los municipios o gobiernos descentralizados de las diversas regiones del país pueden proveer de información sustancialmente útil para la realización de la evaluación. La cantidad de

información que se puede obtener de las autoridades depende de cada una de ellas, siendo así que en algunos municipios se puede obtener información sobre: año de construcción de la estructura, área de la construcción, incluso en ocasiones se puede obtener información acerca del tipo de construcción o de los peligros geológicos a los que está expuesta (FEMA, 2015).

3.2.2.2. Información del Tipo de Suelo

El tipo de suelo sobre el cual se asienta la estructura es de suma importancia ya que el mismo será quien defina la duración y amplitud del movimiento del suelo cuando se produce un evento sísmico (FEMA, 2015). Siendo así que para suelo del tipo turba por lo general se incrementa la magnitud del sismo así como sus efectos correspondiente, este tipo de suelo es muy común en el Sur de Quito.

Debido a que el tipo de suelo no se puede definir por medio de una inspección visual es importante realizar para el mismo su respectivo estudio de suelos, o en su defecto también otra opción es utilizar la herramienta del USGS denominada "Custom Vs30 Mapping" (Gráfico 14) que nos define el tipo de suelo en función de los tipos que reconoce el ASCE/SEI 7-10 (ASCE/SEI, 2010).

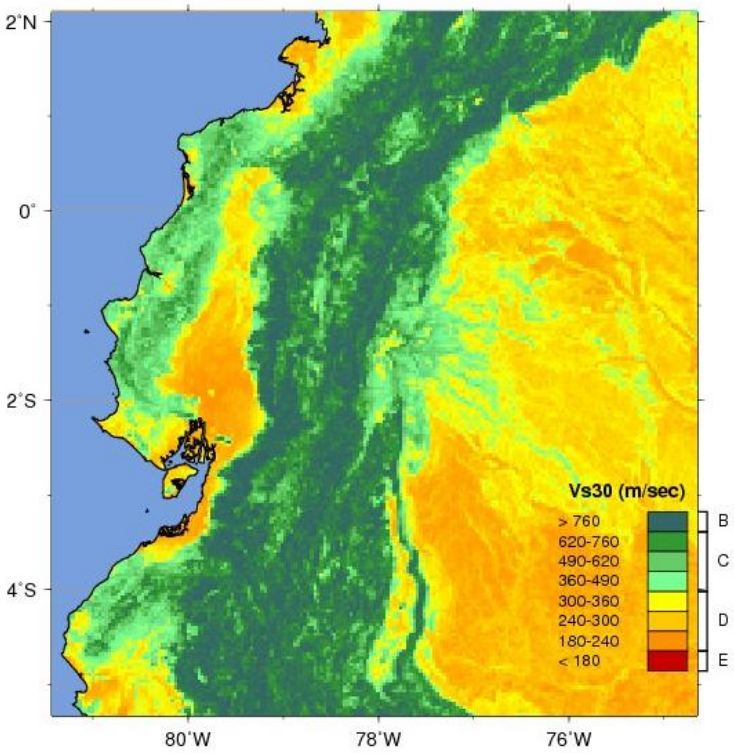


Gráfico 15. Tipo de Suelo en Ecuador usando la herramienta del USGS "Custom Vs30 Mapping". Fuente: (U.S. Geological Survey, 2016)

3.3. FORMULARIO DE RECOLECCIÓN DE DATOS NIVEL 1

Una vez que se ha realizado la planificación de trabajos, se puede continuar con el trabajo en campo, el cual consiste en evaluar las estructuras del área en estudio seleccionada con el uso de los formularios que se establecieron en la planificación. Aquí se puede evidenciar la importancia de haber realizado una buena planificación, pues los tiempos de levantamiento serán menores.

El haber seleccionado el corrector formulario dependiendo de la categoría sísmica es primordial para evitar errores, además en la planificación de lo posible se deberá llenar todos los campos posibles de los formularios como ubicación, uso de la estructura, tipo de suelo, etc.

Esto ayudará a la optimización del tiempo empleado para el levantamiento, pero se deberá verificar que toda la información sea correcta cuando ya se realice el levantamiento.

El formulario se ha organizado de manera que este sea llenado de arriba hacia abajo sin la necesidad de escribir demasiado. En el Anexo 3 se encuentran los formularios para las diversas zonas sísmicas.

La Gráfico 15 provee una muestra de uno de los formularios para Nivel 1, en este caso es para una región de muy alta sismicidad, en la misma se destacan cada una de las secciones del formulario, las cuales se han enumerado y se describirán a continuación.

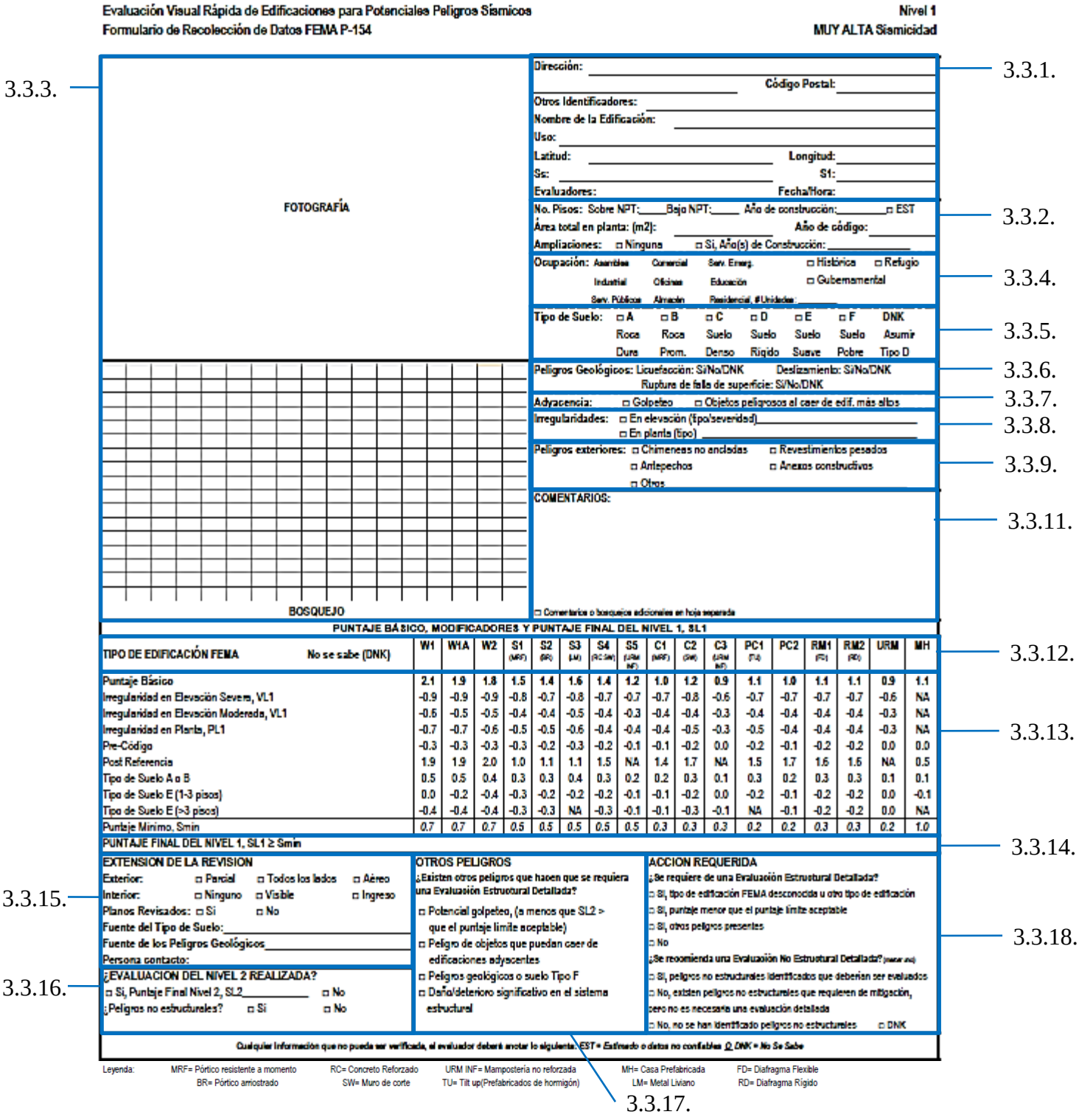


Gráfico 16. Formulario de Recolección de Datos de Nivel 1.
Fuente: (FEMA, 2015, págs. 2, Capítulo 3)

3.3.1. Información de la identificación de la Construcción

La información que recoge esta sección se recomienda que se la haya identificado en los trabajos de planificación previos a la evaluación en campo, la sección recoge información de la construcción sobre: dirección, nombre de la construcción, uso, latitud, longitud, valores de aceleración espectral específicos para el sitio para periodo corto Ss y para un segundo S_1 (FEMA, 2015), así mismo es importante identificar el nombre del evaluador que ejecuta la investigación y la fecha y hora de realización de la misma.

3.3.2. Características de la Construcción

Número de Pisos: La altura de la edificación está relacionada con la cantidad de daño que puede sufrir un edificio, por tal motivo es importante identificar el número de pisos que posee la construcción. En caso de que no sea posible el acceso a la edificación y se deba estimar la altura, se podrá asumir una altura de entrepiso de 3m en ocupación residencial y 4m en ocupación comercial o de oficina y multiplicar por el número de pisos. Es importante que también se identifiquen los subsuelos si es que existen (FEMA, 2015).

Año de construcción y año de código: El año de construcción puede ayudar en la determinación del tipo de construcción que determina FEMA, así mismo este nos permitirá determinar si el edificio ha sido construido antes o después del Pre-Código o del año de referencia "Benchmark year" (FEMA, 2015).

El año del código es aquel del código de construcción que fue usado para el diseño de la edificación. Si no se conoce el mismo no se debe escribir nada.

Área Total en Planta: La determinación del área total de implantación de la estructura es un dato que de lo posible se lo debería determinar en la etapa de planificación y recolección de

datos. Para esto se puede acceder a información otorgada por los municipios, que en este caso sería el Informe de Regulación Metropolitana (IRM), donde se detalla esta información y otra información muy útil. En caso de que esta información no sea disponible se podrá realizar estimaciones con el uso de herramientas como imágenes o mapas satelitales

Construcciones con ampliaciones o con divisiones: Existen ciertas edificaciones que están compuestas por más de un solo sistema estructural, mismos sistemas que se encuentran divididos por juntas. Dichas juntas en ciertos casos se han implementado para precisamente separar los sistemas estructurales que se han construido con la edificación al mismo tiempo, mientras que en otros casos se han colocado debido a las deformaciones que se pueden originar en la estructura debido a los cambios de temperatura. De igual manera las edificaciones pueden contar con ampliaciones en su estructura, acopladas o independientes del sistema estructural original, mismas que se debe identificar y anotar, así como el año de construcción de la ampliación (FEMA, 2015).

3.3.3. Memoria Fotográfica y Bosquejo de la Estructura

La memoria fotográfica y el bosquejo son importantes para el reconocimiento de la estructura evaluada. Por lo menos se debería tomar una fotografía clara de la estructura, donde se pueda apreciar toda su elevación; sin embargo es aconsejable que se realicen fotografías en cada uno de los costados de la estructura y donde se encuentren irregularidades. Esto permitirá que en caso de que se tengan dudas sobre la calificación, se pueda preguntar a un experto que se basara en dichas fotografías para realizar el análisis y posible corrección (FEMA, 2015).

Aunque en las imágenes se puede apreciar con más detalle la edificación, el bosquejo tiene la función de resaltar los elementos importantes de la misma, además para poderlo realizar el

evaluador deberá analizar más profundamente a la estructura. De ser posible el bosquejo se lo puede realizar en la planificación con la ayuda de imágenes satelitales pero se debe comprobar en campo.

En el bosquejo por lo menos se deberá presentar una vista en planta que podrá incluir ubicación, construcciones aledañas y sobretodo cuan cerca están de la estructura en evaluación. La vista en elevación deberá incluir el número de pisos y las irregularidades que se encuentren; en caso de que varié de lado a lado, se deberá realizar un dibujo por cada uno de los lados determinándose todas las características que sean relevantes para el análisis (FEMA, 2015).

3.3.4. Ocupación de la Construcción

Asamblea: Son aquellos lugares en los cuales grandes grupos de personas pueden reunirse al mismo tiempo, se considera una estimación de 300 personas. Ejemplo: teatros, auditorios centros comunitarios, salas de espectáculos e iglesias (FEMA, 2015).

Comercial: Hace referencia a locales comerciales, instituciones financieras, restaurantes y estructuras de parqueaderos (FEMA, 2015).

Servicios de emergencia: Son aquellas estructuras que serían de gran utilidad ante una catástrofe, tales como: estaciones de policía, estaciones de bomberos, hospitales y centros de comunicaciones (FEMA, 2015).

Industrial: Se refiere a fábricas, plantas de ensamblaje así como instalaciones de manufactura (FEMA, 2015).

Oficina: Son aquellos de administración y servicios profesionales (FEMA, 2015).

Residencial: Tales como: casas, moteles, hoteles, departamentos, condominios y residencias de ancianos o discapacitados. Es importante que se indique el número de unidades de vivienda en el caso de edificios (FEMA, 2015).

Educación: Se incluye todas las instalaciones de educación tanto pública como privada (FEMA, 2015).

Servicios Públicos: Son aquellas tanto públicas como privadas tales como: plantas de energía, instalaciones de tratamiento de agua y subestaciones eléctricas (FEMA, 2015).

Almacén: Se incluye las bodegas o depósitos en donde los artículos son almacenados así como aquellos donde los artículos son vendidos (FEMA, 2015).

Si se tiene varios tipos de ocupación en la mima edificación se debe encerrar en cirulo todos aquellos que correspondan, pero hay que buscar el que mejor describa el edificio que se está evaluando. En caso de que ninguna de las ocupaciones provistas por el formulario coincida con la que se presenta en la edificación evaluada se debe escribir el respectivo comentario en la sección correspondiente (FEMA, 2015).

Existen designaciones especiales, que no son en sí clases de ocupación, sino más bien son indicadores que pueden ayudar a determinar las edificaciones de prioridad en un plan de mitigación de riesgos. Los mismos son: Histórico, Gobierno y Albergues, se debe realizar una identificación adecuada de los mismos y marcarlos si es que corresponde en la sección de ocupación de la construcción (FEMA, 2015).

3.3.5. Tipo de Suelo

Se recomienda que el tipo de suelo se determine durante la planificación de trabajos previos a la visita al campo, de lo contrario se lo debe determinar al momento que se realice la visita de campo, en la evaluación y llenado de formularios de la edificación. Si no se pudo determinar el tipo de suelo, es importante señalar que el mismo se desconoce y asumir el tipo de suelo como si se tratase de un suelo tipo D (FEMA, 2015).

3.3.6. Riesgos Geológicos

Es importante identificar si en el lugar de implantación de la estructura se presenta alguno de los riesgos geológicos que la metodología RVS identifica, que puede ser: licuefacción, potencial deslizamiento o ruptura de la falla de superficie, debido a que la presencia de alguno de estos puede incrementar el riesgo del edificio de sufrir daño y colapso durante un sismo (FEMA, 2015). La existencia de alguno de estos riesgos geológicos implica que se deba realizar una evaluación estructural detallada de la estructura.

Como recomendación para determinar si existe probabilidad de potencial deslizamiento FEMA P-154 sugiere que hay que considerar si la altura del talud arriba o debajo de la edificación es mayor a la distancia que separa a la edificación del talud entonces si se puede producir un deslizamiento potencial (Ver Gráfico 16).

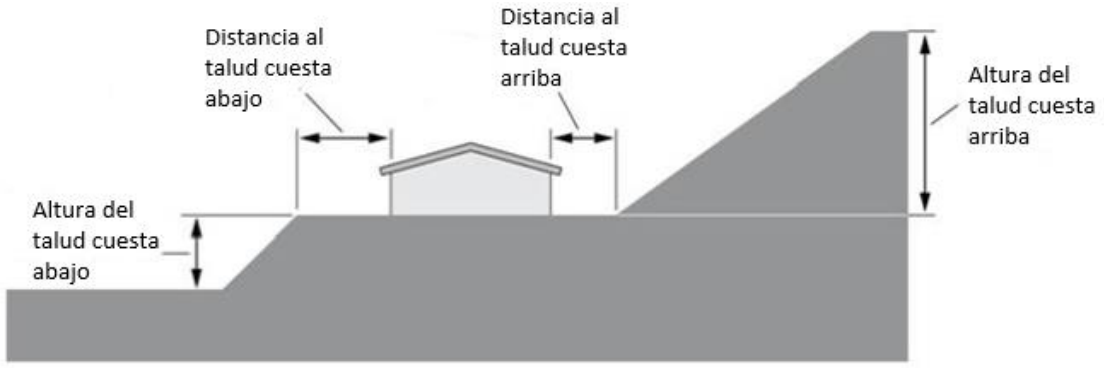


Gráfico 17. Construcción con riesgo de potencial deslizamiento.
Fuente: (FEMA, 2015, págs. 13, Capítulo 3)

Si los riesgos geológicos no se determinaron como parte de la planificación de trabajos previo a la evaluación en campo estos deben determinarse una vez que se haga la evaluación en campo de la edificación, sin embargo si aun así los mismo no pueden ser determinados entonces el evaluador deberá marcar "DNK" (do not know) en la sección de riesgos geológicos (FEMA, 2015).

3.3.7. Separación entre Estructuras Adyacentes

La separación entre estructuras existentes es muy importante para preservar la seguridad e integridad de cada estructura; estructuras que se encuentran muy cerca o unidas completamente no trabajarán como una unidad e incluso pueden llegar a tener problemas de colisión entre ellas ante un evento sísmico (FEMA, 2015).

Otro peligro que existe al tener estructuras muy cercanas entre si es que se pueden desprender elementos de la fachada, mamposterías, publicidades, etc. Y provocar daños a la estructura o a las personas. La norma FEMA P-154 ha considerado este tipo de peligros y los ha incluido en el formulario de rápida evaluación visual.

En el caso de que se identifique cualquiera de estos peligros, se deberá realizar una evaluación detallada de la estructura, para lo cual se deberán llenar los campos de Otros Peligros y Acción Requerida (FEMA, 2015), establecidos en el formulario de recolección de datos de nivel 1. Para una rápida y fácil identificación la norma FEMA P-154 detalla las separaciones mínimas requeridas para evitar el golpeteo o caída de objetos de edificaciones colindantes:

Tabla 3. Separaciones mínimas

Región Sísmica	**Separación Mínima**
Muy Alta	2" por piso
Alta	1 ½" por piso
Moderadamente Alta	1" por piso
Moderadamente Baja & Baja	½" por piso

Fuente: (FEMA, 2015, págs. 13, Capítulo 3) Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes

Se considera como posible efecto de golpeteo cuando la separación mínima no sea cumplida y además se cumpla con una de las siguientes características:

- Las losas de entrepiso no coincidan en un mismo nivel, y su separación sea mayor a 60cm. Este caso se considera riesgoso, pues ante un evento sísmico y al no haber la separación adecuada la masa de la losa de entrepiso puede impactar directamente sobre la columna o pared de la edificación vecina; un daño en la columna puede provocar el colapso de la estructura (FEMA, 2015).

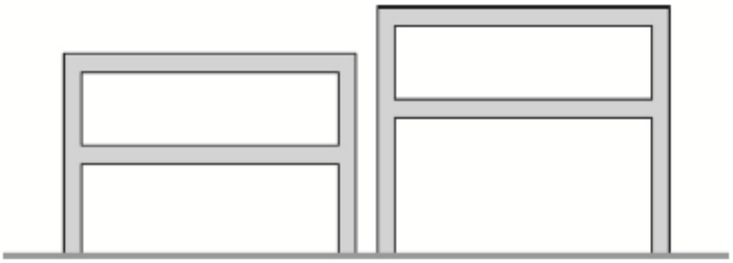


Gráfico 18. Esquema de pisos no alineados verticalmente.
Fuente: (FEMA, 2015, págs. 14, Capítulo 3)

- Cuando una edificación tiene 2 más pisos que su edificación vecina; el daño se concentrara en la estructura más alta y será a la altura de la estructura más pequeña, pues en un evento sísmico la alta puede golpear con el techo de la más baja (FEMA, 2015).

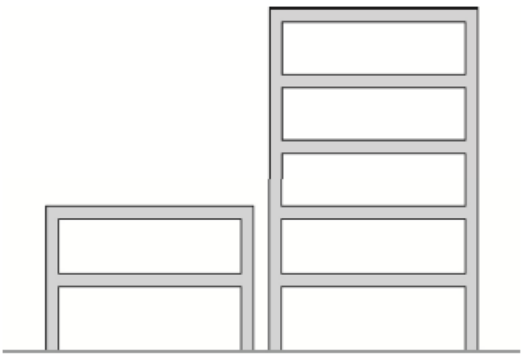


Gráfico 19. Esquema de edificios de diferentes alturas.
Fuente: (FEMA, 2015, págs. 15, Capítulo 3)

- Cuando una estructura se encuentra al final de 3 o más estructuras consecutivas; el daño se concentrará en la última edificación al costado pues esta al no tener la separación adecuada recibirá el impacto por el movimiento de sus estructuras vecinas y no tendrá un apoyo donde equilibrar las cargas (FEMA, 2015).



Gráfico 20. Esquema de edificios a los costados.
(FEMA, 2015, págs. 15, Capítulo 3)

3.3.8. Irregularidades

La mayoría de edificaciones debido a condiciones arquitectónicas, funcionales o económicas tienen irregularidades. Las irregularidades afectan el comportamiento y desempeño sísmico de la estructura concentrando las demandas en ciertos pisos o elementos. Esta concentración de demandas puede generar daño, falla e incluso el colapso total o parcial de la estructura.

Las irregularidades se clasifican en dos grupos: irregularidades verticales e irregularidades en planta, la metodología RVS identifica los dos grupos de irregularidades mencionados, y adicionalmente divide las irregularidades verticales en severas y moderadas.

La calificación que se determina mediante la metodología RVS toma en cuenta las irregularidades mediante la implementación de modificadores de calificación que afectan negativamente la calificación, estos dependen del tipo y gravedad de las irregularidades que la edificación presenta.

3.3.8.1. Irregularidades en elevación

Terreno en pendiente: Se debe considerar este tipo de irregularidad cuando hay al menos una pendiente de altura de un piso desde un lado de la edificación hasta el otro lado. Para edificios

que no sean del tipo W1, definido por FEMA, el modificador de calificación deberá aplicarse como de irregularidad vertical moderada, pero debido a que las edificaciones del tipo W1 se ven mayormente afectadas por esta irregularidad, en este caso se aplicará un modificador de calificación de irregularidad vertical severa (FEMA, 2015).

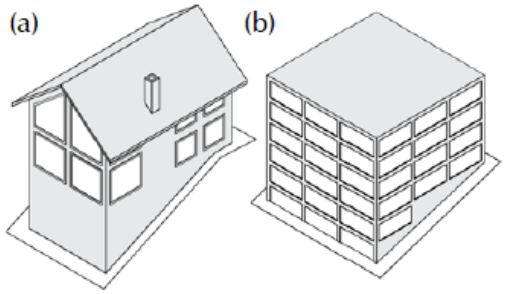


Gráfico 21. a) Edificación W1, b) Edificación que no es del tipo W1.
Fuente: (FEMA, 2015, págs. 15, Anexo B)

Piso débil y/o piso blando: Cuando un piso tiene una resistencia menor, es decir menos muros y columnas, que otro piso sobre o bajo este se tiene un piso débil. Al contrario cuando la rigidez de un piso es mucho menor que la de los otros pisos, se produce un piso blando (FEMA, 2015). La determinación y comparación de resistencias y rigideces entre pisos es muy complicada cuando se está realizando la evaluación en campo, por tal motivo a continuación se describen ciertas condiciones que de cumplirse implican que se tiene este tipo de irregularidad en la estructura, de ser así debe anotarse la misma y también la severidad que esta implica, ya que este tipo de irregularidad puede ser moderado o severo, dependiendo de la condición que se cumpla.

Se debe considerar un modificador de calificación de irregularidad vertical moderada si para una edificación del tipo W1 que por lo general tiene "cripple walls", que son paredes cortas que se asientan sobre la cimentación y soportan el piso y muros exteriores constituyendo en

este caso la parte más débil de la estructura, los "cripple walls" no se encuentran arriostrados (FEMA, 2015). Los cripple walls se consideran no arriostrados cuando la pared exterior no está recubierta por madera contrachapada, sino más bien por estuco o un recubrimiento de madera de otro tipo (Ver Gráfico 21).

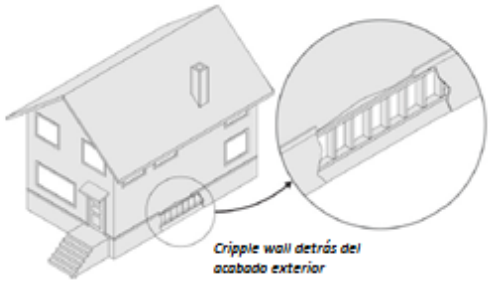


Gráfico 22. Edificación del tipo W1 con cripple walls.
Fuente: (FEMA, 2015, págs. 18, Capítulo 3)

Se debe considerar un modificador de calificación de irregularidad vertical severo si se cumple alguna de las siguientes condiciones:

- Para la condición anteriormente descrita a más de que los cripple walls no estén arriostrados, el sótano se encuentre ocupado (FEMA, 2015).

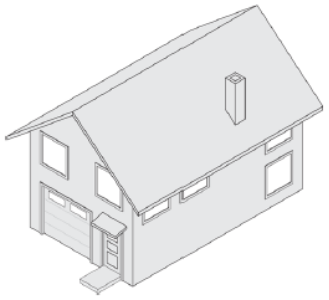


Gráfico 23. Edificación del tipo W1 con cripple walls y espacio ocupado sobre el garaje.
Fuente: (FEMA, 2015, págs. 18, Capítulo 3)

- Para el tipo de estructura W1, el espacio sobre el garaje se encuentre ocupado y que las longitudes de pared sean limitadas o cortas en ambos lados de la abertura del garaje (FEMA, 2015).

- Para estructuras del tipo W1A, se tenga un frente abierto en la planta baja, que se lo deja como espacio para parqueaderos generalmente (FEMA, 2015).

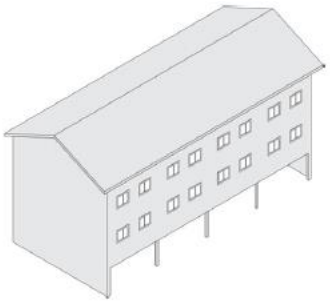


Gráfico 24. Edificación del tipo W1 con un frente abierto.
Fuente: (FEMA, 2015, págs. 18, Capítulo 3)

- Uno de los pisos tiene menor cantidad de muros o columnas, o en su defecto tiene mayor cantidad de ventanas y aberturas, que el piso que se encuentra sobre el mismo (FEMA, 2015).

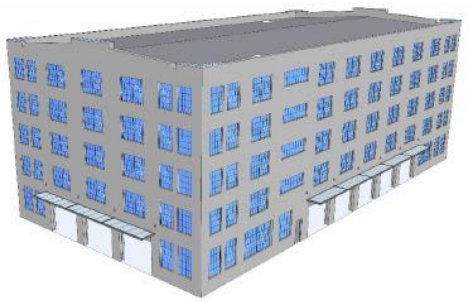


Gráfico 25. Edificación que tiene un piso blando debido a las grandes aberturas en la planta baja del mismo.
Fuente: (FEMA, 2015, págs. 19, Capítulo 3)

- Uno de los pisos es mucho más alto que los otros pisos, generalmente el piso más alto suele ser el de la planta baja (FEMA, 2015).



Gráfico 26. Edificación que tiene piso blando debido a la gran altura de uno de sus pisos en comparación con los otros.
Fuente: (FEMA, 2015, págs. 19, Capítulo 3)

Si se tiene alguna duda sobre la existencia de alguna de las condiciones descritas es recomendable ser conservador y asumir que la misma existe, anotándola y registrando en la sección de comentarios sobre la existencia de esa incertidumbre.

Discontinuidad fuera del plano: Esta irregularidad se produce cuando el sistema resistente sísmico en un piso no se encuentra alineado verticalmente con el sistema resistente sísmico en un piso superior o inferior al mismo. Esta irregularidad se clasifica como severa, y se la debe tomar en cuenta cuando la discontinuidad mencionada es mayor o igual a 61 centímetros (FEMA, 2015).

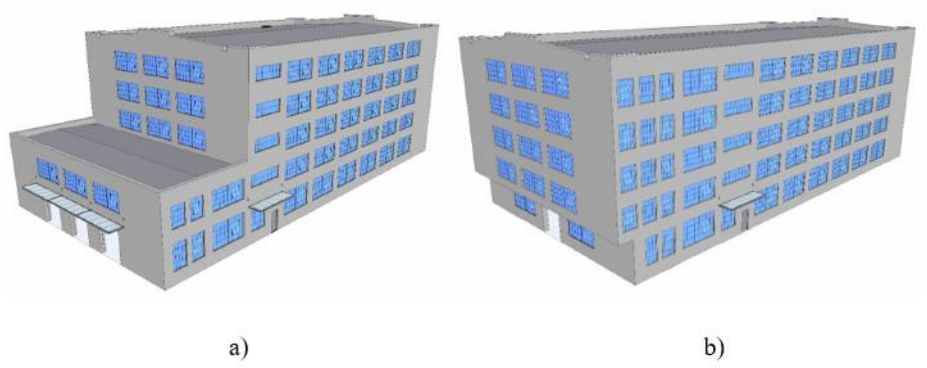


Gráfico 27. a) Edificación con discontinuidad fuera del plano en el tercer piso, b) Edificación con discontinuidad fuera del plano debido a que los pisos sobre la planta baja se encuentran en voladizo.
Fuente: (FEMA, 2015, págs. 20 y 21, Capítulo 3)

Discontinuidad en el plano: La condición se cumple cuando los elementos del sistema resistente sísmico en los niveles superiores están desalineados de los elementos del sistema resistente sísmico en los niveles inferiores de la estructura. Esta irregularidad se puede encontrar especialmente en estructuras con pórticos arriostrados o muros de corte. La

discontinuidad en el plano se define como una irregularidad vertical moderada (FEMA, 2015).

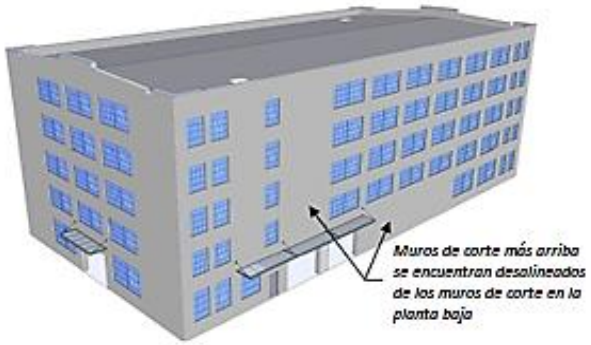


Gráfico 28. Discontinuidad en el plano del sistema resistente sísmico.
Fuente: (FEMA, 2015, págs. 22, Capítulo 3)

Columna corta: Esta condición es grave para la estructura y se clasifica como una irregularidad severa debido a que aquellas columnas que son más cortas que la columna típica de ese nivel del edificio reciben un mayor daño por parte de las cargas laterales, produciéndose incluso una columna débil y viga fuerte, lo que va en contra del diseño sismo resistente (FEMA, 2015).

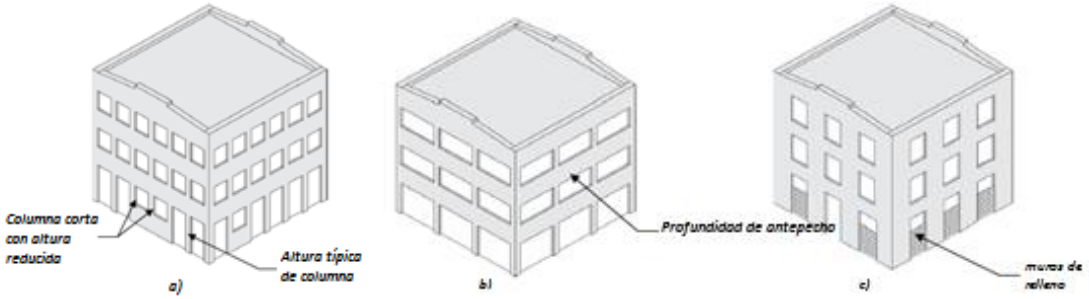


Gráfico 29. Columna corta debido a: a) Aberturas de muro irregulares, b) Antepechos, c) Muros de relleno.
Fuente: (FEMA, 2015, págs. 23, Capítulo 3)

Niveles desplazados: La irregularidad se genera cuando el piso o techo de un nivel en una parte del edificio no se encuentra alineado con el piso o techo en otra parte del edificio. Esta irregularidad se considera moderada (FEMA, 2015).

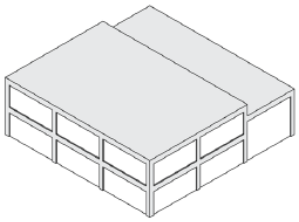


Gráfico 30. Niveles desplazados.
Fuente: (FEMA, 2015, págs. 23, Capítulo 3)

3.3.8.2. Irregularidades en Planta

Las irregularidades en planta se presentan por diversos motivos, muchos de ellos son debido a condiciones arquitectónicas o para aprovechar el terreno disponible. La norma FEMA P-154 detalla 5 tipos de irregularidades en planta las cuales se describen a continuación; en caso de que el evaluador encuentre alguna de ellas deberá marcar el formulario y especificar el tipo de irregularidad encontrada.

Torsión: Esta irregularidad en planta se presenta cuando la estructura es capaz de resistir las cargas producidas por un evento sísmico en una dirección, pero no en la otra. Otro caso común donde se presenta el efecto de torsión es cuando existen excentricidades de la rigidez en el sistema estructural que resiste las cargas sísmicas, provocando una rotación sobre un eje vertical (FEMA, 2015).

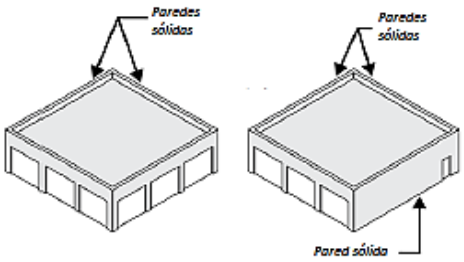


Gráfico 31. Torsión.
Fuente: (FEMA, 2015, págs. 17, Anexo B)

Sistemas No Paralelos: Se considera a una estructura como irregular de este tipo cuando sus sistemas estructurales no son paralelos. Esto generalmente se encuentra en estructuras esquineras, donde para aprovechar al máximo el terreno disponible se adapta la estructura a la forma del terreno y se tienen estructuras en forma de triángulos o con las esquinas que no logran formar ángulos de 90 grados (FEMA, 2015).



Gráfico 32. Sistemas no paralelos.
Fuente: (FEMA, 2015, pág. 17 Anexo B)

Retrocesos de las Esquinas: El retroceso de las esquinas es considerado una irregularidad en planta porque es capaz de producir torsión y además habrá una concentración de esfuerzos en las esquinas retraídas. El evaluador considerará este tipo de irregularidad cuando la edificación tenga forma de E, L, T, U, C, y en general cuando una de sus esquinas este retraída más de 6 metros (FEMA, 2015).

Es posible que se haya considerado evitar esta irregularidad en edificios que tengan dichas formas, y que se hayan construido por separado los bloques para tener formas más regulares; en caso de encontrarse con este caso se debe evaluar que no se produzcan golpeteos entre los bloques.

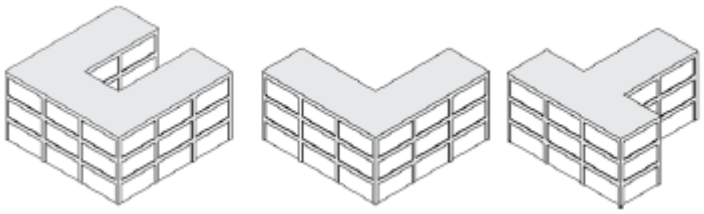


Gráfico 33. Retroceso en esquinas.
Fuente: (FEMA, 2015, págs. 17, Anexo B)

Discontinuidades en el Sistema de Piso: Las losas de entrepiso juegan un rol muy importante en la transmisión de cargas a los elementos estructurales; muchas veces por motivos arquitectónicos se implementan variaciones en el sistema de piso como aberturas, entrantes o huecos; estas variaciones producen variaciones significativas en la rigidez y reducen la capacidad de transmisión de cargas sísmicas. Para identificar esta irregularidad bastara con que la abertura sea de un ancho mayor al 50% del ancho del diafragma; o la abertura sea mayor en un 50% al área total del piso (FEMA, 2015).

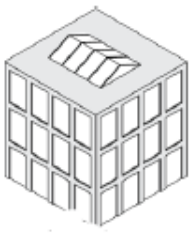


Gráfico 34. Discontinuidad en el sistema de piso.
Fuente: (FEMA, 2015, págs. 17, Anexo B)

Vigas No Alineadas con Columnas: Esta irregularidad es muy común en edificios de hormigón armado; por lo general las vigas exteriores no están alineadas por su eje con las columnas (FEMA, 2015).

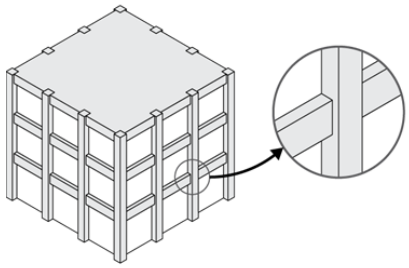


Gráfico 35. Vigas no alineadas con columnas.
Fuente: (FEMA, 2015, págs. 17, Anexo B)

3.3.9. Peligro de caída de objetos al exterior de la estructura

Es importante tener en cuenta el peligro que puede representar la caída de objetos o elementos no estructurales al exterior de la edificación, debido a que a pesar de que el sistema resistente sísmico puede ser adecuado, la presencia de objetos que no estén debidamente anclados a la estructura pueden constituir un riesgo para la vida de los ocupantes de la edificación así como para los transeúntes.

Los objetos que se toman en cuenta en esta metodología son: chimeneas no ancladas a la estructura de la edificación, antepechos, revestimientos pesados y anexos constructivos tales como marquesinas o elementos arquitectónicos que aportan detalle decorativo a la fachada de la edificación (FEMA, 2015). Pero si al momento de realizar la evaluación se observa algún otro elemento que pueda constituir un peligro de caída, este se debe anotarse en otros y señalarse los detalles del mismo en la sección comentarios.

El fin de la recolección de estos elementos es ayudar a la realización de un posterior programa de mitigación de riesgos.

3.3.10. Daño y deterioro de elementos estructurales

El daño y deterioro de alguno de los elementos estructurales de la edificación puede provocar un impacto significativo en cuanto al desempeño y funcionamiento de la misma, por lo que la identificación de esta condición es fundamental al momento de realizar la inspección de la estructura. Cuando se realice la evaluación del edificio se debe procurar inspeccionar aquellos elementos que forman parte del sistema resistente sísmico del edificio, en busca de señales que indiquen una afectación de estos elementos (FEMA, 2015).

3.3.11. Sección de Comentarios

Esta parte del formulario es de gran ayuda para la persona que esté realizando la evaluación, aquí se podrá dejar constancia de condiciones inusuales que encuentre, ya sea con respecto a la estructura, condición, ocupación, etc. En caso de que el evaluador no pueda hacer una fotografía o no pueda realizar un bosquejo de alguna particularidad encontrada, podrá describirla en esta sección (FEMA, 2015).

3.3.12. Identificación del Tipo de Edificación y Documentación de la Puntuación Básica

La identificación del tipo de estructura es una parte muy importante al momento de realizar la evaluación, pues en función del tipo de estructura que sea elegida se tendrá un sistema básico de puntuación de la misma, y el cual depende también de la región sísmica en la que se encuentre (FEMA, 2015).

La norma FEMA ha establecido un total de 17 tipos de estructuras, las cuales tienen principalmente como características similares su material de construcción y su sistema estructural que resiste las cargas sísmicas. Esta agrupación es importante, pues permite al evaluador saber de una manera más sencilla cuáles serán las fortalezas y debilidades de la estructura y así mismo estimar cuál será su comportamiento ante un evento sísmico.

La Evaluación Rápida Visual (FEMA P-154) supone que todas las edificaciones a evaluarse forman parte de alguno de los 17 tipos de estructura. En algunos casos que no sea muy claro a qué tipo de estructura pertenece se deberá realizar un análisis de cuál es el tipo con el que mejor se identifica dependiendo de su sistema estructural y de los materiales, sin embargo en el caso de que se tenga una estructura muy particular y no pertenezca a ninguno de estos grupos el procedimiento RVS no podrá ser aplicado.

Los 17 tipos de edificaciones establecidos por FEMA son los siguientes, con sus respectivos códigos de identificación:

- Viviendas familiares o multifamiliares con pórticos de madera ligera, y de uno o más pisos de altura (W1)
- Edificaciones residenciales múltiples de varios pisos, con pórticos de madera ligera y con áreas en cada planta de más de 300 metros cuadrados (W1A)
- Edificaciones comerciales e industriales con pórticos de madera y con superficies mayores de 500 metros cuadrados. (W2)
- Edificaciones con pórticos de acero resistentes a momento (S1)
- Edificaciones con pórticos de acero arriostrados (S2)
- Construcciones metálicas ligeras (S3)

- Edificaciones con pórticos de acero y con muros de corte de hormigón fundido in situ (S4)
- Edificaciones con pórticos de acero y con paredes de relleno de mampostería no reforzada (S5)
- Edificaciones de hormigón con pórticos resistentes a momento (C1)
- Edificaciones con muros de corte de hormigón (C2)
- Edificaciones con estructura de hormigón y con paredes de relleno de mampostería no reforzada (C3)
- Edificaciones tilt-up, realizados con paneles de hormigón (PC1)
- Edificaciones con pórticos de hormigón prefabricados (PC2)
- Edificaciones de mampostería reforzada con piso flexible y diafragmas de techo (RM1)
- Edificaciones de mampostería reforzada con suelo rígido y diafragmas de techo (RM2)
- Edificaciones con paredes portantes no reforzadas (URM)
- Viviendas prefabricadas (MH)

El sistema básico de puntuación establecido en la norma FEMA para cada tipo de edificio está en función de la probabilidad de colapso ante el sismo máximo considerado; la determinación de las puntuaciones se la realizó utilizando las funciones daño y estimación de pérdidas que se pueden presentar en la estructura, realizadas en FEMA P-155.

Uno de los trabajos más difíciles del evaluador es la correcta selección del tipo de estructura, pues dependiendo de la selección que realice se dará la puntuación básica de la misma. Para

facilitar el trabajo FEMA P-154 propone tres pasos a seguir los cuales facilitaran el proceso de selección:

- Como primer paso a realizar se debe identificar las cargas de gravedad del sistema estructural; para esto se debe definir de qué materiales está compuesta la estructura, como madera, acero, hormigón, mampostería, etc.
- Como segundo paso se debe identificar el tipo de sistema estructural que resiste las cargas sísmicas, los cuales pueden ser: pórticos, pórticos arriostrados o muros de corte.
- Como último paso se debe y dependiendo de lo que se haya identificado en los dos pasos anteriores, se debe ir descartando los tipos de edificaciones que no cumplan con las características encontradas, hasta llegar a tener de una a tres opciones de las 17 existentes.

El paso 2 es el más complejo de todos, pues en una inspección desde la vereda puede resultar muy dificultoso el determinar el sistema estructural que posee la edificación, muchas veces las fachadas no permitirán la correcta visualización del sistema estructural o crearan una confusión al evaluador.

En el caso de que no se esté seguro del tipo de estructura se deberá ir descartando opciones hasta llegar a un máximo de dos opciones, para las cuales se deberá realizar la puntuación y se elegirá la más conservadora. En el caso de que se tengan 3 opciones y no se pueda descartar ninguna más se deberá marcar la opción "No sé", y no se realizará la puntuación para la misma (FEMA, 2015).

Es muy común que el evaluador se encuentre con edificaciones que poseen una combinación de materiales de construcción o una combinación de sistemas estructurales; es decir el

evaluador tendrá 2 tipos de edificaciones las cuales ya no podrá descartar. Este es el caso en el que por ejemplo se tenga en las plantas bajas una edificación de hormigón y las plantas superiores construidas con estructuras metálicas o maderas; o el caso en el que se tenga un sistema estructural que resista las cargas sísmicas en un sentido y otro sistema estructural para el otro sentido.

Para estos casos que la evaluación se torna más compleja FEMA da una solución muy simple, y es la de realizar la evaluación para los dos tipos de edificaciones encontradas por separado y adoptar la más desfavorable.

Es muy importante que el evaluador analice la estructura cuando esta presenta diferencias en sus materiales de construcción y sus sistemas estructurales, pues se puede tratar de una ampliación de la estructura original. Estas ampliaciones pueden ser horizontales o verticales.

Las ampliaciones horizontales por lo general tienen una separación de la estructura principal la cual se conoce como junta; de ser este el caso se evalúan las dos estructuras por separado. Pero si la ampliación es horizontal se debe tener mayor cuidado, pues para considerarse una ampliación la nueva construcción deberá estar conectada a la estructura original y pueden surgir problemas ante un evento sísmico por una diferencia de rigideces al usar materiales diferentes (FEMA, 2015).

Si las ampliaciones involucran condiciones dificultosas para su evaluación se deberá sugerir una evaluación detallada de la estructura, pues las dos partes podrían responder diferente ante las cargas sísmicas.

3.3.13. Modificadores de calificación

Una vez que se han recolectado todos los datos anteriormente mencionados se puede proceder a calcular la calificación del edificio según la metodología RVS, para lo cual se utiliza la matriz de calificación (Ver Gráfico 30), misma que nos indica las calificaciones básicas y los modificadores de calificación que se encuentran relacionados a las características del tipo de estructura y atributos de desempeño de la misma.

De esta manera aquellas características que afecten positivamente el desempeño de la estructura incrementaran la calificación básica de la misma, mientras que aquellas características que afecten negativamente el desempeño de la estructura tendrán un modificador de calificación negativo que reducirá la calificación básica del tipo de estructura.

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1}																	
FEMA BUILDING TYPE	**Do Not Know**	**W1**	**W1A**	**W2**	**S1** (MRF)	**S2** (BR)	**S3** (LM)	**S4** (RC SW)	**S5** (URM INF)	**C1** (MRF)	**C2** (SW)	**C3** (URM INF)	**PC1** (TU)	**PC2**	**RM1** (FD)	**RM2** (RD)	**URM**	**MH**
Basic Score		**3.6**	**3.2**	**2.9**	**2.1**	**2.0**	**2.6**	**2.0**	**1.7**	**1.5**	**2.0**	**1.2**	**1.6**	**1.4**	**1.7**	**1.7**	**1.0**	**1.5**
Severe Vertical Irregularity, V_{L1}		-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Moderate Vertical Irregularity, V_{L1}		-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Plan Irregularity, P_{L1}		-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Code		-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Post-Benchmark		1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B		0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Soil Type E (1-3 stories)		0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Soil Type E (> 3 stories)		-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA
Minimum Score, S_{MIN}		*1.1*	*0.9*	*0.7*	*0.5*	*0.5*	*0.6*	*0.5*	*0.5*	*0.3*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*0.2*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*1.0*

Gráfico 36. Sección de Matriz de calificación tomada del Formulario de Recolección de Datos para una región de Alta sismicidad.
Fuente: (FEMA, 2015, págs. 54, Capítulo 3)

3.3.13.1. Irregularidades en elevación

Si se ha identificado en la edificación alguna de las irregularidades verticales que se han descrito como severas entonces se debe encerrar en un círculo el modificador de calificación

correspondiente a irregularidad vertical severo. Si se ha encontrado alguna irregularidad vertical moderada en la edificación, pero no irregularidades verticales severas entonces se debe encerrar en un círculo el modificador de calificación correspondiente a irregularidad vertical moderada (FEMA, 2015).

3.3.13.2. Irregularidades en planta

Si se ha encontrado alguna irregularidad en planta en la edificación, entonces el modificador de calificación correspondiente a irregularidad en planta debe ser encerrado en un círculo (FEMA, 2015).

3.3.13.3. Pre-Código

Este modificador de calificación se aplicará solo si la edificación ha sido diseñada y construida anteriormente a la inicial adopción y aplicación de los códigos sísmicos para el tipo de edificación que corresponda a los que describe FEMA P-154. Si el año de construcción de la edificación es anterior al año de adopción de los códigos sísmicos, entonces se debe aplicar este modificador de calificación.

3.3.13.4. Post-Referencia

Este modificador de calificación es aplicable solamente si la edificación que se está evaluando ha sido diseñada y construida posteriormente al mejoramiento significativo de los códigos sísmicos para el tipo de edificación que corresponda a los que describe FEMA P-154. Si el año de construcción de la edificación coincide o es posterior al año de referencia, entonces se debe aplicar este modificador de calificación.

3.3.13.5. Tipo de suelo

Tomando en cuenta el tipo de suelo que se haya identificado se procederá a colocar su respectivo modificador de calificación. De esta manera, si el suelo es del tipo A o B, se aplicará el modificador de calificación correspondiente a suelo del tipo A o B, si el suelo es del tipo E se debe tomar en cuenta el número de pisos con los que cuenta la edificación debido a que existe un modificador de calificación para un suelo tipo E (para edificaciones de 1 a 3 pisos) y un modificador de calificación para un suelo tipo E (para edificaciones con más de 3 pisos) (FEMA, 2015).

Las calificaciones básicas de cada uno de los tipos de edificación se han desarrollado en la metodología considerando un suelo promedio del tipo C y del tipo D, por tal motivo cuando uno de estos suelos se encuentra presente en el sitio de implantación de la estructura no se aplica ningún modificador de calificación correspondiente al tipo de suelo.

Adicional a lo anteriormente enunciado vale la pena mencionar que para aquellas estructuras que se encuentran sobre un suelo tipo F, el evaluador deberá anotar esta característica en la sección denominada Otros Peligros en el Formulario de Recolección de Datos, lo cual es un indicador de que la evaluación de la edificación debería más bien implicar un detallamiento estructural del mismo.

3.3.13.6. Calificación mínima, Smin

Cada uno de los modificadores de calificación han sido desarrollados considerando la probabilidad de colapso en la edificación si es que varía cualquiera de las condiciones que se han descrito anteriormente. Sin embargo la sumatoria de todos estos modificadores de calificación podrían sobrestimar el efecto de las combinaciones de condiciones y proporcionar

un resultado final de calificación que sea menor que cero, lo que indicaría una probabilidad de colapso de la estructura mayor al cien por ciento, lo cual es imposible. Por tal motivo la calificación mínima (Smin) ha sido creada para tomar en cuenta este caso, considerando la peor combinación posible a la vez de irregularidad en elevación, irregularidad en planta, año de construcción de la edificación y tipo de suelo (FEMA, 2015).

3.3.14. Determinación de la Calificación Final del Nivel 1

La calificación final del Nivel 1 se determina con la sumatoria de los modificadores de calificación que se han seleccionado para la edificación y la calificación básica que se ha determinado para el tipo de estructura que se esté evaluando. El resultado obtenido se debe comparar con la calificación mínima y se usa la mayor entre la calificación obtenida por sumatoria y la calificación mínima (FEMA, 2015).

En caso de que el evaluador tenga incertidumbre acerca del tipo de edificación que ha seleccionado según FEMA se deberá considerar todos los tipos posibles e irlos descartando, hasta que al final se evalúen los tipos de edificación más probables, de los cuales se debe escoger como resultado aquel que de una calificación más baja. Cuando el evaluador no tenga confianza en la determinación del tipo de edificación se debe proceder a marcar DNK "Do not know" en la sección donde se selecciona el tipo de estructura y la misma no será evaluada.

3.3.15. Documentación del Alcance de la Revisión

El alcance de la revisión indica el nivel de confiabilidad que ha tenido la evaluación, debido a que aquí se anota y se deja constancia de si el evaluador ha tenido acceso a todas las partes del exterior de la edificación así como al interior de la misma. De igual manera en esta sección se puede documentar si el evaluador tuvo la oportunidad de hablar con el dueño o encargado de

la edificación, ya que es muy importante saber si de hecho el responsable de la edificación pudo proveer de información acerca de la construcción que se evalúa. También hay unos campos para documentar la información que ha sido recolectada en la planificación de trabajos previo a la evaluación como: tipo de suelo, peligros geológicos y planos de la edificación (FEMA, 2015).

Toda la información anotada en esta sección es un indicador de la precisión con que se ha logrado determinar la calificación del edificio según la metodología RVS.

3.3.16. Documentación de los resultados obtenidos en la evaluación de Nivel 2

En esta sección se debe indicar si se ha realizado no solo la evaluación de Nivel 1, sino también la evaluación de Nivel 2. Si es que se ha realizado también la evaluación del Nivel 2 se debe anotar la calificación que ha obtenido la edificación en el Nivel 2, así como si la misma presenta peligros no estructurales (FEMA, 2015).

3.3.17. Documentación de otros peligros presentes en la edificación

Hay ciertas condiciones de peligro que no se toman en cuenta en la calificación del Nivel 1, pero si las mismas se presentan en la edificación podrían ocasionar que la estructura tenga un peligro sísmico considerable incluso si su calificación con la metodología RVS ha superado la calificación límite “cut-off”, lo que generaría que la edificación deba ser evaluada realizando más bien un detallamiento estructural. Estos peligros que deben anotarse en esta sección son: potencial golpeteo, peligro de caída de objetos de un edificio adyacente más alto, peligros geológicos o suelo tipo F y daño o deterioro significativo del sistema estructural (FEMA, 2015).

3.3.18. Determinación de la acción requerida

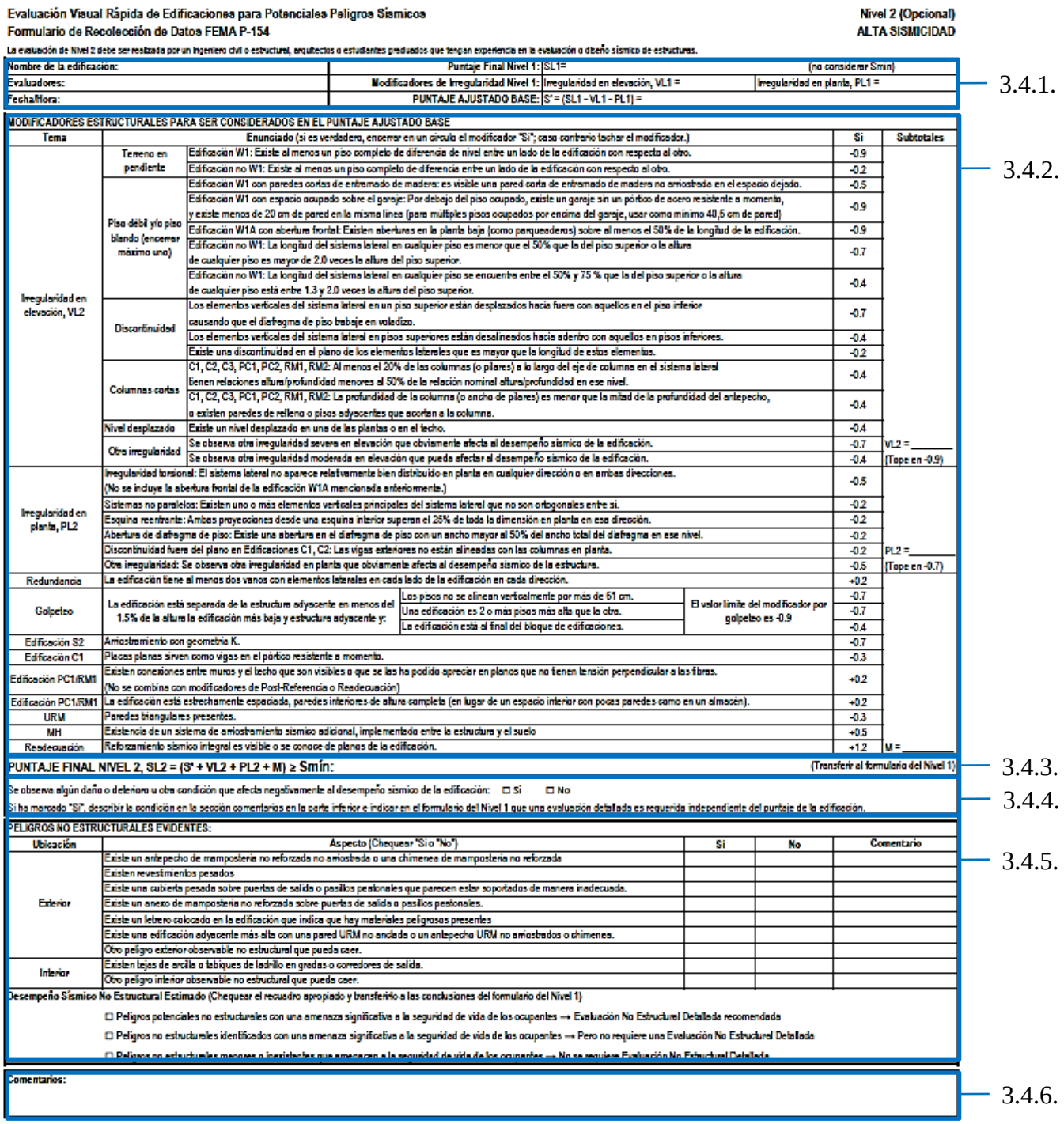
En base a la información que se ha recolectado durante toda la evaluación de la edificación, el evaluador deberá por ultimo indicar si la edificación requiere alguna acción adicional a lo que se ha realizado con la metodología RVS. Identificando si es necesaria o no una evaluación detallada ya sea estructural o no estructural (FEMA, 2015).

3.4. FORMULARIO DE RECOLECCIÓN DE DATOS NIVEL 2

Una vez que se ha realizado la evaluación de Nivel 1 se puede optar por realizar la evaluación de Nivel 2, que es más minuciosa, por lo que provee una calificación más precisa de la edificación. Es importante tener en cuenta que la evaluación de Nivel 2 solo debe ser realizada por profesionales que sean; ingenieros civiles, ingenieros estructurales o arquitectos, aunque también la pueden realizar estudiantes graduados de las carreras mencionadas que tengan experiencia en la evaluación o diseño sísmico de estructuras (FEMA, 2015).

Los modificadores de calificación y el criterio de calificación varían entre formularios del Nivel 2, dependiendo de la región sísmica en que se encuentre la edificación que se evalué. Los diferentes formularios de recolección de datos para cada región sísmica se encuentran en el Anexo 1. El evaluador debe calcular la calificación del edificio para este nivel, y transferir la misma al formulario de Nivel 1.

El formulario que se utiliza para este nivel de evaluación debe ser de igual región sísmica que el que se usó para Nivel 1, La Gráfico 36 provee una muestra de uno de los formularios para Nivel 2, en este caso es para una región de muy alta sismicidad, en la misma se destacan cada una de las secciones del formulario, las cuales se han enumerado y se describirán a continuación.



Evaluación Visual Rápida de Edificaciones para Potenciales Peligros Sísmicos — **Nivel 2 (Opcional)**
Formulario de Recolección de Datos FEMA P-154 — **ALTA SISMICIDAD**

La evaluación de Nivel 2 debe ser realizada por un ingeniero civil o estructural, arquitectos o estudiantes graduados que tengan experiencia en la evaluación o diseño sísmico de estructuras.

Nombre de la edificación:	Puntaje Final Nivel 1:	SL1=	(no considerar Smin)	
Evaluadores:	Modificadores de Irregularidad Nivel 1:	Irregularidad en elevación, VL1 =	Irregularidad en planta, PL1 =	
Fecha/Hora:	PUNTAJE AJUSTADO BASE:	S' = (SL1 - VL1 - PL1) =		

3.4.1.

MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA SER CONSIDERADOS EN EL PUNTAJE AJUSTADO BASE

Tema		Enunciado (si es verdadero, encerrar en un círculo el modificador "Si"; caso contrario tachar el modificador.)	Si	Subtotales
Irregularidad en elevación, VL2	Terreno en pendiente	Edificación W1: Existe al menos un piso completo de diferencia de nivel entre un lado de la edificación con respecto al otro.	-0.9	
		Edificación no W1: Existe al menos un piso completo de diferencia entre un lado de la edificación con respecto al otro.	-0.2	
	Piso débil y/o piso blando (encerrar máximo uno)	Edificación W1 con paredes cortas de entramado de madera: es visible una pared corta de entramado de madera no arriostrada en el espacio dejado.	-0.5	
		Edificación W1 con espacio ocupado sobre el garaje: Por debajo del piso ocupado, existe un garaje sin un pórtico de acero resistente a momento, y existe menos de 20 cm de pared en la misma línea (para múltiples pisos ocupados por encima del garaje, usar como mínimo 40,6 cm de pared)	-0.9	
		Edificación W1A con abertura frontal: Existen aberturas en la planta baja (como parqueaderos) sobre al menos el 50% de la longitud de la edificación.	-0.9	
		Edificación no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menor que el 50% que la del piso superior o la altura de cualquier piso es mayor de 2.0 veces la altura del piso superior.	-0.7	
		Edificación no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso se encuentra entre el 50% y 75 % que la del piso superior o la altura de cualquier piso está entre 1.3 y 2.0 veces la altura del piso superior.	-0.4	
	Discontinuidad	Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están desplazados hacia fuera con aquellos en el piso inferior causando que el diafragma de piso trabaje en voladizo.	-0.7	
		Los elementos verticales del sistema lateral en pisos superiores están desalineados hacia adentro con aquellos en pisos inferiores.	-0.4	
		Existe una discontinuidad en el plano de los elementos laterales que es mayor que la longitud de estos elementos.	-0.2	
	Columnas cortas	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Al menos el 20% de las columnas (o pilares) a lo largo del eje de columna en el sistema lateral tienen relaciones altura/profundidad menores al 50% de la relación nominal altura/profundidad en ese nivel.	-0.4	
		C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: La profundidad de la columna (o ancho de pilares) es menor que la mitad de la profundidad del antepecho, o existen paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan a la columna.	-0.4	
	Nivel desplazado	Existe un nivel desplazado en una de las plantas o en el techo.	-0.4	
	Otra irregularidad	Se observa otra irregularidad severa en elevación que obviamente afecta al desempeño sísmico de la edificación.	-0.7	VL2 = _____
		Se observa otra irregularidad moderada en elevación que pueda afectar al desempeño sísmico de la edificación.	-0.4	(Tope en -0.9)
Irregularidad en planta, PL2	Irregularidad torsional: El sistema lateral no aparece relativamente bien distribuido en planta en cualquier dirección o en ambas direcciones. (No se incluye la abertura frontal de la edificación W1A mencionada anteriormente.)		-0.5	
	Sistemas no paralelos: Existen uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.		-0.2	
	Esquina reentrante: Ambas proyecciones desde una esquina interior superan el 25% de toda la dimensión en planta en esa dirección.		-0.2	
	Abertura de diafragma de piso: Existe una abertura en el diafragma de piso con un ancho mayor al 50% del ancho total del diafragma en ese nivel.		-0.2	
	Discontinuidad fuera del plano en Edificaciones C1, C2: Las vigas exteriores no están alineadas con las columnas en planta.		-0.2	PL2 = _____
	Otra irregularidad: Se observa otra irregularidad en planta que obviamente afecta al desempeño sísmico de la estructura.		-0.5	(Tope en -0.7)
Redundancia	La edificación tiene al menos dos vanos con elementos laterales en cada lado de la edificación en cada dirección.		+0.2	
Golpeteo	La edificación está separada de la estructura adyacente en menos del 1.5% de la altura la edificación más baja y estructura adyacente y:	Los pisos no se alinean verticalmente por más de 61 cm.	-0.7	
		Una edificación es 2 o más pisos más alta que la otra.	-0.7	
		La edificación está al final del bloque de edificaciones.	-0.4	
		El valor límite del modificador por golpeteo es -0.9		
Edificación S2	Arriostramiento con geometría K.		-0.7	
Edificación C1	Placas planas sirven como vigas en el pórtico resistente a momento.		-0.3	
Edificación PC1/RM1	Existen conexiones entre muros y el techo que son visibles o que se las ha podido apreciar en planos que no tienen tensión perpendicular a las fibras. (No se combina con modificadores de Post-Referencia o Readecuación)		+0.2	
Edificación PC1/RM1	La edificación está estrechamente espaciada, paredes interiores de altura completa (en lugar de un espacio interior con pocas paredes como en un almacén).		+0.2	
URM	Paredes triangulares presentes.		-0.3	
MH	Existencia de un sistema de arriostramiento sísmico adicional, implementado entre la estructura y el suelo		+0.5	
Readecuación	Reforzamiento sísmico integral es visible o se conoce de planos de la edificación.		+1.2	M = _____

3.4.2.

PUNTAJE FINAL NIVEL 2, SL2 = (S' + VL2 + PL2 + M) ≥ Smín: (Transferir al formulario del Nivel 1)

3.4.3.

Se observa algún daño o deterioro u otra condición que afecta negativamente al desempeño sísmico de la edificación: ☐ Sí ☐ No

Si ha marcado "Sí", describir la condición en la sección comentarios en la parte inferior e indicar en el formulario del Nivel 1 que una evaluación detallada es requerida independiente del puntaje de la edificación.

3.4.4.

PELIGROS NO ESTRUCTURALES EVIDENTES:

Ubicación	Aspecto (Chequear "Si o "No")	Si	No	Comentario
Exterior	Existe un antepecho de mampostería no reforzada no arriostrada o una chimenea de mampostería no reforzada			
	Existen revestimientos pesados			
	Existe una cubierta pesada sobre puertas de salida o pasillos peatonales que parecen estar soportados de manera inadecuada.			
	Existe un anexo de mampostería no reforzada sobre puertas de salida o pasillos peatonales.			
	Existe un letrero colocado en la edificación que indica que hay materiales peligrosos presentes			
	Existe una edificación adyacente más alta con una pared URM no anclada o un antepecho URM no arriostrados o chimeneas.			
	Otro peligro exterior observable no estructural que pueda caer.			
Interior	Existen lejas de arcilla o tabiques de ladrillo en gradas o corredores de salida.			
	Otro peligro interior observable no estructural que pueda caer.			

3.4.5.

Desempeño Sísmico No Estructural Estimado (Chequear el recuadro apropiado y transferirlo a las conclusiones del formulario del Nivel 1)

☐ Peligros potenciales no estructurales con una amenaza significativa a la seguridad de vida de los ocupantes → Evaluación No Estructural Detallada recomendada

☐ Peligros no estructurales identificados con una amenaza significativa a la seguridad de vida de los ocupantes → Pero no requiere una Evaluación No Estructural Detallada

☐ Peligros no estructurales menores o inexistentes que amenacen a la seguridad de vida de los ocupantes → No se requiere Evaluación No Estructural Detallada

Comentarios:

3.4.6.

Gráfico 37. Formulario de Recolección de Datos de Nivel 2.
Fuente: (FEMA, 2015, págs. 2, Capítulo 4)

3.4.1. Información de la Edificación y Puntuación Ajustada para el Nivel 2

En el Nivel 2 se utilizará la calificación final SL1 obtenida de la evaluación de Nivel 1, pero como guía para la determinación de la calificación de referencia ajustada S` que es la que se utiliza para la evaluación en el Nivel 2. El valor de SL1 debe ser aquel obtenido de la sumatoria de la puntuación básica y los modificadores de calificación en el Nivel 1, sin tomar en cuenta la calificación mínima (FEMA, 2015).

Del formulario del Nivel 1 se obtiene como información la identificación de la edificación y su puntuación. Esta puntuación está afectada por los modificadores de irregularidades en planta y en elevación aplicados en el Nivel 1, pero para el Nivel 2 deben ser eliminados pues el Nivel 2 tiene sus propios modificadores. Para quitar los modificadores del Nivel 1 basta con restar VL1 (Irregularidad en Elevación) y PL1 (Irregularidad en Planta) de SL1 (Puntuación Nivel 1), obteniéndose de esta manera la calificación de referencia ajustada o puntaje ajustado base S` que nos ayudará a determinar la calificación final para la estructura en el Nivel 2 (FEMA, 2015).

3.4.2. Modificadores de Calificación

Los modificadores de calificación van acompañados de un enunciado que el evaluador deberá verificar si se cumple o no, cuando se cumple el enunciado se debe encerrar en un círculo el modificador de calificación respectivo, al contrario si es que no se cumple el enunciado se debe tachar el modificador de calificación correspondiente. Hay algunos enunciados que son específicos para cierto tipo de edificaciones FEMA.

3.4.2.1. Irregularidad en elevación

La sección de irregularidades en elevación incluye enunciados y modificadores de calificación para cada una de las irregularidades en elevación que se discutieron en el subcapítulo anterior (Véase 3.3.8.1), pero el análisis de estas irregularidades será más minucioso en este nivel de evaluación. El modificador final de calificación correspondiente a las irregularidades en elevación (VL2) se obtendrá como la suma de todos lo modificadores de calificación de irregularidad en elevación que se indican en el formulario de Nivel 2, pero se debe tener en cuenta que este modificador de calificación tiene un valor tope. El valor tope se ha implementado debido a que si bien es cierto que la presencia de más de una irregularidad en elevación en la estructura ocasionaría que esta sea más vulnerable también hay que considerar que se puede producir un efecto de sobrestimación (FEMA, 2015). Por tal motivo como una aproximada determinación del desempeño de la estructura es que se usa este valor tope para el modificador de calificación.

3.4.2.2. Irregularidad en planta

Para el nivel 2 de análisis de la estructura, el formulario de evaluación incluye una puntuación y una breve descripción de cada una de las irregularidades existentes; el modificador de irregularidad en planta será igual a la suma de todas las irregularidades encontradas, pero para no sobrestimar estas irregularidades FEMA P-154 ha determinado un valor tope de acuerdo a la respuesta esperada de la estructura, del cual no se deberá sobrepasar.

3.4.2.3. Redundancia

La redundancia ayuda a que el edificio tenga un mejor desempeño frente a un evento sísmico. Una edificación con menor cantidad de elementos estructurales sismo resistentes tendrá poca redundancia y por tal motivo su respuesta ante sismos será mucho menor que una edificación que tenga una adecuada redundancia. El enunciado de esta condición que se presenta en el formulario de Nivel 2 señala que se puede aplicar el modificador de calificación positivo de redundancia si la edificación tiene al menos dos vanos que poseen elementos estructurales sismo resistentes a cada lado de la edificación en cada dirección (FEMA, 2015). Hay que tomar en cuenta que si se trata de muros de corte y si el número de vanos es difícil de determinar se puede tomar al vano como la altura del piso.

3.4.2.4. Golpeteo

El golpeteo para este nivel de análisis se diferencia en que ahora se le da una puntuación dependiendo de su región sísmica y de su probabilidad de ocurrencia y el daño que puede ocasionar (FEMA, 2015). En el nivel 1 de análisis no se daba una puntación si se llegaba a determinar que había posibilidad de golpeteo, si no que se tenía que realizar una evaluación detallada de la estructura.

Para el análisis del golpeteo, FEMA P-154 ha determinado las separaciones adecuadas entre edificaciones, dando un porcentaje mínimo en función de la altura de la menor edificación:

Tabla 4. Separaciones mínimas entre edificaciones en función de la región sísmica.

Región Sísmica	**Separación Mínima**
Muy Alta	1.50% de la altura de la edificación más baja
Alta	1.00% de la altura de la edificación más baja 1" por piso
Moderadamente Alta	0.50% de la altura de la edificación más baja
Moderadamente Baja	0.25% de la altura de la edificación más baja
Baja	0.10% de la altura de la edificación más baja

Fuente: (FEMA, 2015, págs. 12, Capítulo 4). Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes

La puntuación que se dé al efecto de golpeteo dependerá de la gravedad de la condición que sea encontrada, existen tres posibles condiciones que se pueden encontrar. Cuando el evaluador encuentre una de estas condiciones la deberá encerrar en un círculo y tachara las demás; pero si llegase a encontrar más de una de estas condiciones deberá encerrarlas en un círculo y la puntuación de golpeteo será la suma de todas, teniendo en cuenta que se tiene un valor tope del cual no se podrá pasar. Estas tres condiciones mencionadas planteadas por FEMA P-154 son las siguientes:

- Las losas de entrepiso no están alineadas entre las edificaciones colindantes, y tienen una diferencia de 60cm (Ver Gráfico 17).
- Una de las edificaciones tiene dos o más pisos que se edificación vecina (Ver Gráfico 18).
- La edificación analizada se encuentra al final de un grupo de bloques de tres o más edificaciones (Ver Gráfico 19).

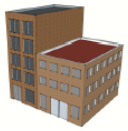
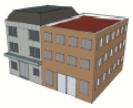
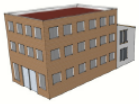
3.4.2.5. Consideraciones para construcciones con ampliaciones

La evaluación de Nivel 2 no tiene enunciados específicos que ayuden a tomar en consideración las ampliaciones que se pueden presentar en las edificaciones, sin embargo este efecto de ampliaciones en la estructura que afecta al desempeño sísmico del edificio se puede tomar en cuenta por medio de las irregularidades en planta, irregularidades en elevación o una combinación de ellas, dependiendo de la configuración que presente la ampliación. Para este objetivo la FEMA P-154 ha creado una tabla (Ver tabla 7), que guía al evaluador al momento de realizar la inspección de la edificación.

Basándonos en las características y geometría de la ampliación la Tabla 7 proporciona una guía para considerar las ampliaciones en las edificaciones. Sin embargo, si la ampliación horizontal está separada de la edificación original con un espacio de separación evidente, la edificación original y la ampliación deben ser evaluadas como dos edificaciones separadas y se debe obtener una calificación para ambas edificaciones (FEMA, 2015). El criterio de golpeteo debería ser considerado en este caso (Véase 3.4.2.4).

Tabla 5. Guía de Referencia de Edificaciones con Ampliaciones

Orientación de la Ampliación	Tipo de Ampliación	Ejemplo gráfico	Recomendación de la metodología RVS	Notas e Instrucciones Adicionales
Vertical	Un solo piso de adición con un área en planta menor que la edificación original		Evaluar como una sola edificación usando el número total de pisos de la edificación original y la adición e indicar una irregularidad de discontinuidad.	Se aplica la irregularidad de discontinuidad si el área en planta de la adición es menor que el 90 por ciento del área del piso bajo esta, o si dos o más muros de la adición no se encuentran alineados con los muros en el piso bajo la misma.
Vertical	Uno o múltiples pisos adicionales con un área en planta y sistema resistente sísmico similar que el de la edificación original		Evaluar como una sola edificación usando el número total de pisos de la edificación original más los pisos de la adición.	Si los elementos verticales del sistema resistente sísmico de la adición no están alineados con los elementos verticales del sistema resistente sísmico del piso inferior, se aplica la irregularidad vertical de discontinuidad.
Vertical	Uno o múltiples pisos adicionales en los cuales la adición tiene un sistema resistente sísmico diferente que la edificación original		Evaluar como una sola edificación, pero considerar la existencia de otra irregularidad vertical moderada observable.	Si el área de la adición es menor que el 90 por ciento del piso bajo la misma, o si dos o más muros de la adición no se encuentran alineados con los muros en el piso bajo la misma, una irregularidad vertical de discontinuidad debería también ser señalada.
Horizontal	Adiciones con el mismo tipo de construcción y número de pisos que la edificación original y la dimensión horizontal de la edificación más estrecha en la interfaz es menor o igual al 50% de la dimensión horizontal de la edificación más ancha.		Evaluar como una sola edificación, pero considerar la irregularidad en planta torsional.	Si la diferencia en la dimensión horizontal esta entre el 50% y el 75%, indicar una irregularidad de retracción en esquina. Si las alturas del piso no están alineadas verticalmente dentro de 60 cm, la presencia de golpeteo debe ser indicada.

Orientación de la Ampliación	Tipo de Ampliación	Ejemplo gráfico	Recomendación de la metodología RVS	Notas e Instrucciones Adicionales
Horizontal	La adición tiene diferente altura que la edificación original		Evaluar como una sola edificación usando la altura de la edificación más alta y considerar el modificador de calificación de golpeteo si es que la edificación difiere en más de dos pisos o si los pisos no están alineados verticalmente dentro de 60cm.	Si la dimensión horizontal de la edificación más estrecha a lo largo de la interfaz es menor que 75% de la dimensión de la edificación más ancha, le irregularidad en planta de retracción de esquina debería ser señalada.
Horizontal	La adición tiene diferente tipo de edificación FEMA que la edificación original.		Evaluar como una sola edificación con irregularidad torsional usando el tipo de edificación FEMA con la calificación básica más baja entre las dos edificaciones.	Si los pisos no están alineados verticalmente dentro de 60 cm o si el número de piso de la adición difiere en más de dos pisos, también se debe señalar el apropiado modificador de calificación por golpeteo.
Horizontal	Adición pequeña en la que la misma se apoya en la edificación original para apoyo de gravedad		Evaluar como una sola edificación. Evaluar si existe la presencia de una irregularidad de discontinuidad si hay una diferencia en el número de pisos e irregularidad en planta si hay una diferencia en cuanto a la dimensión horizontal de la edificación original y la adicional a lo largo de la interfaz.	Si el tipo de edificación de la adición es diferente que el de la edificación original, hay que evaluar como si fuesen dos edificaciones con la adición de tener una irregularidad vertical severa observable.

Fuente: (FEMA, 2015, págs. 16-17, Capítulo 4)

3.4.2.6. Especificaciones Particulares para Distintas Edificaciones

En el nivel 2 de análisis de la estructura, el evaluador puede realizar modificaciones a la puntuación debido a específicas indicaciones que da el FEMA para los casos en los que determinadas condiciones afectan a la respuesta de la edificación ante un evento sísmico.

Tabla 6. Especificaciones particulares para distintas edificaciones.

Tipo Edificación	Condición Desfavorable
S2	"Arriostramiento con geometría K". Cuando los arriostramientos cruzan a nivel de la mitad de la columna, y no hay una conexión con algún mimbro horizontal o con un diafragma de piso que equilibre las fuerzas aplicadas por el diafragma. El problema es que los arriostramientos ejercerán un alto esfuerzo horizontal sobre la columna y pueden producir el colapso de la misma.
C1	"Flat plate (losa plana) sirven como vigas en el pórtico resistente a momento". Es común encontrar en edificios antiguos de hormigón con pórticos resistentes a momento a este tipo de losas; las losas planas actúan como vigas en el pórtico resistente a momento, sin embargo el problema se presenta en que dichas losas no son bien detalladas con estribos como lo son las vigas. Las losas planas son susceptibles a tener fallas por punzonamiento, lo cual se reduce cuando se utiliza columnas con capiteles (Column capital) o ábacos con columnas capiteles (Column Capital and Drop Panel). Como referencia a los términos usados se debe observar la Gráfico 38.
PC1/RM1	"Existen conexiones entre muros y el techo que son visibles o que se las ha podido apreciar en planos que no tienen tensión perpendicular a las fibras". La conexión que tenga tensión paralela a las fibras en madera producirá una falla de corte, por lo que debe ser considerada. Este modificador no deberá ser aplicado en el caso de que ya se haya aplicado el modificador por mejoras del código o el modificador de calificación para las readecuaciones. Considerar que en la edificación tipo C2 con diafragmas de madera se analiza las conexiones techo-paredes.
URM	"Presencia de paredes triangulares (Gable Walls)". Las paredes triangulares son muy comunes cuando se tienen cubiertas que la misma forma; la pared da soporte a las cargas verticales provenientes de la cubierta, sin embargo estas paredes no suelen estar arriostradas por lo que ante un evento sísmico pueden tener una falla fuera del plano pudiendo provocar un colapso.
MH	"Existencia de un sistema de arriostramiento sísmico adicional, implementado entre la estructura y el suelo". El sistema de puntuación para las edificaciones del tipo MH se las ha realizado asumiendo que no existe un sistema adicional de arriostramientos.

Fuente: (FEMA, 2015, págs. 16-17, Capítulo 4)

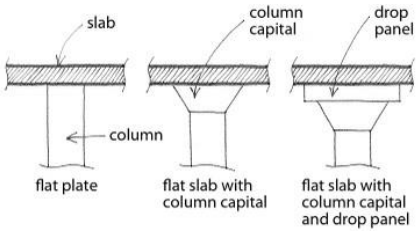


Gráfico 38. Ilustración de losa plana
Fuente: (GEM, 2016)

3.4.2.7. Readecuaciones

Una readecuación implica la aplicación de un modificador de calificación positivo, pero esto puede aplicarse solo cuando la readecuación se ha realizado por completo, las readecuaciones parciales y en progreso deben simplemente anotarse en la sección de comentarios sin aplicarse el modificador de calificación de readecuación (FEMA, 2015).

Una readecuación completa es aquella que aborda todos los elementos de la ruta de carga lateral, elementos que han sido añadidos para mitigar amenazas localizadas no califican como readecuaciones completas (FEMA, 2015).

Hay que tener en cuenta que en ciertas ocasiones se puede tener una readecuación que en vez de ayudar a la estructura introduce una deficiencia en la misma, como por ejemplo una deficiencia torsional, en cuyo caso el evaluador debe señalar la deficiencia y aplicar el modificador de calificación negativo correspondiente.

El valor del modificador de calificación de readecuaciones se ha establecido de manera que es equivalente a la mitigación de efectos de una irregularidad en planta, por tal motivo la aplicación del mismo no produciría que el edificio de por sí supere el valor límite "cut-off" (FEMA, 2015).

3.4.3. Determinación de la Calificación Final de Nivel 2

La calificación final del Nivel 2 se determina por medio de la suma de la calificación de referencia ajustada S` y los modificadores de calificación del Nivel 2 que son: modificador de calificación de irregularidades en elevación VL2, modificador de calificación de irregularidades en planta PL2 y el modificador de calificación M (compuesto por las

condiciones de redundancia, golpeteo, especificaciones particulares para distintas edificaciones y readecuaciones). (FEMA, 2015)

Debido a que los modificadores de calificación del Nivel 2 no son tan conservadores como los modificadores de calificación de Nivel 1, puesto que las características de construcción de la edificación se evalúan de una manera más minuciosa y detallada en el Nivel 2, en muchas ocasiones la calificación final producto de la evaluación de Nivel 2 puede resultar más alta que la realizada por el Nivel 1.

La calificación final del Nivel 2 para cada tipo de edificación está sujeta a las mismas calificaciones mínimas que se utilizaron en el Nivel 1.

3.4.4. Otras Condiciones Observables

El evaluador en el nivel 1 de análisis de la estructura debe observar si la estructura presenta algún tipo de daño o deterioro de la misma, en caso de que encuentre dichas características u otras características desfavorables en la estructura, deberá de sugerir una evaluación detallada de la estructura (FEMA, 2015). En el nivel 2 del análisis el evaluador deberá describir lo encontrado y tomar fotografías para en caso de ser necesario discutirlo con profesionales expertos en diseño.

- Daños y Deterioro

La identificación de elementos que hayan sufrido daños o deterioro ya se lo realizo en el nivel 1, sin embargo en el nivel 2 el evaluador debería realizar una verificación de esto y además debe analizar si los daños son al sistema estructural que resiste las cargas sísmicas (FEMA, 2015).

Como el evaluador del nivel 2 es una persona con conocimientos más avanzados, podrá determinar si al encontrar grietas en el hormigón estas afectan a la estructura o solo son parte de la mampostería o adornos arquitectónicos; y definir si las grietas se produjeron por posibles asentamientos o por eventos sísmicos pasados.

De igual manera al evaluar estructuras metálicas se debe observar si han sufrido corrosión, y si la corrosión está presente en los elementos que conforman el sistema estructural principal.

- Otras Condiciones

Si el evaluador encuentra algún peligro en la estructura que considere importante, y que no se encuentre en el formulario de evaluación deberá realizar una observación de lo encontrado y deberá marcar en el formulario del nivel 1 que se realice una evaluación detallada de la estructura. (FEMA, 2015)

3.4.5. Peligros no estructurales evidentes

Esta sección se enfoca en los peligros no estructurales que pueden estar presentes en la edificación. Sin embargo debido a que los peligros no estructurales no afectan de gran manera el potencial colapso de la estructura, la calificación final no varía por la existencia o no de estos peligros, pero mediante la evaluación de los mismos se podría llegar a determinar si es necesaria o no una evaluación no estructural detallada.

En esta sección se incluye primordialmente el peligro que pueden implicar la caída de objetos, pero a diferencia de la evaluación de Nivel 1, que también verifica los peligros no estructurales, se incluyen otros peligros no estructurales adicionales también. La evaluación de estos peligros no estructurales se realiza con la ayuda de enunciados que de ser verdaderos se los debe marcar como Si y escribir el respectivo comentario si se considera pertinente. Se

tienen enunciados del peligro de caída de objetos tanto para el exterior como para el interior de la edificación.

Posterior a la revisión de cada uno de los enunciados el evaluador usará su juicio para estimar el desempeño sísmico no estructural de la edificación y determinará cuál de las siguientes acciones se debe tomar:

- Peligros no estructurales potenciales que pueden significar una amenaza para la seguridad de los ocupantes de la edificación → Una evaluación no estructural detallada es recomendable
- Peligros no estructurales identificados que representan una amenaza significativa para la seguridad de los ocupantes de la edificación → Pero no se requiere una evaluación no estructural detallada.
- Bajo o ningún peligro no estructural que represente una amenaza para la seguridad de los ocupantes de la edificación → No se requiere una evaluación no estructural detallada.

3.4.6. Comentarios

Un espacio del formulario es destinado para comentarios, aquí el evaluador deberá anotar cualquier observación que realice, pero principalmente deberá anotar si al realizar la evaluación tuvo alguna dificultad que le haya impedido verificar toda lo estipulado en el formulario. También deberá especificar si encontró algún daño, deterioro o irregularidades en planta o elevación.

3.4.7. Transferencia de los Resultados de Formulario de Nivel 2 a Nivel 1

El resultado final del nivel 2 (SL2) se lo debe trasladar al formulario del nivel 1 y reemplazarlo por el resultado final (SL1). Además, el evaluador deberá indicar en el formulario 1 el resultado obtenido de la evaluación no estructural y completar las secciones Otros Peligros y Acciones Requeridas (FEMA, 2015).

3.5. RESULTADOS PROVISTOS POR LA EVALUACIÓN

Como ya se ha mencionado el propósito del procedimiento RVS es identificar edificios potencialmente peligrosos ante eventos sísmicos lo cual generaría que los mismos deban analizarse bajo un estudio más minucioso. Para aquellas edificaciones que requieren una evaluación estructural detallada se recomienda realizar una evaluación de acuerdo a ASCE/SEI 41-13, Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings (ASCE, 2014). Para aquellas edificaciones que requieran una evaluación no estructural adicional a la realizada con la metodología RVS, FEMA E-74, Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage – A Practical Guide, Fourth Edition (FEMA, 2012e), es de gran utilidad.

La calificación S que se calcula para cada edificación se basa en los datos visibles y en ocasiones limitados que se han recogido de la estructura, por lo cual es un valor aproximado del comportamiento de la misma ante eventos sísmicos. Para entender cómo funciona esta calificación diremos que por ejemplo una calificación final de 3 implica que la edificación tiene una probabilidad de 1 en 103, es decir 1 en 1000 de colapsar ante la ocurrencia del Máximo Sismo Considerado (MCE). (FEMA, 2015)

Con el criterio anteriormente enunciado plantearemos a continuación la razón por la cual se recomienda usar un valor límite de 2 como “cut-off”, es decir el valor que determinará si la

estructura tendrá un comportamiento adecuado ante (MCE) o si se considera que la misma deba ser estudiada a más detalle debido a la vulnerabilidad que presenta.

FEMA P-695, Quantification of Building Seismic Performance Factors (FEMA, 2009b) ha concluido que se considera aceptable que: “La probabilidad de colapso de edificios (del mismo tipo) debido a movimientos del suelo productos de MCE está limitado al 10% en promedio”, este valor de 10% es un límite superior conservador. Si consideramos las construcciones nuevas el promedio de todas esas edificaciones superará el límite antes expuesto, porque como ya se mencionó es un valor conservador, adicionalmente tomando en cuenta la fracción de edificaciones que en realidad colapsarían se puede estimar que el valor de S para las edificaciones nuevas en promedio sería 2.5. Ahora si asumimos que las edificaciones ya existentes debido a no poseer las mismas características sismo resistentes que las nuevas tenderán a tener un valor más bajo de S se recomienda el valor límite de S como 2, es decir 1 en 102 o 1 en 100 (FEMA, 2015). Por lo cual la metodología RVS determina que 2 es un valor límite preliminar razonable para distinguir aquellas edificaciones adecuadas ante eventos sísmicos, un valor límite superior implicaría una mayor seguridad deseada por parte de la entidad evaluadora, pero esto incrementaría los costos tanto de la evaluación como de las estructuras que deberían rehabilitarse para cumplir con las exigencias sismo resistentes actuales.

Los resultados de la evaluación pueden ser usados para diversos propósitos, entre los que se destacan los siguientes:

- Evaluación del reforzamiento sísmico de edificaciones si se determina pertinente.
- Diseño de programas de mitigación de peligro sísmico para una comunidad.

- Elaboración de inventarios de edificios a ser monitoreados ante eventos sísmicos o para facilitar la evaluación de los daños y pérdidas generadas por los sismos en los edificios.
- Planeación de las iniciativas de evaluación con respecto a la seguridad de las construcciones después de un sismo.
- Desarrollo de la información de la vulnerabilidad sísmica de construcciones específicas con el objetivo de obtener la calificación de seguros, decisiones realizadas durante la transferencia de propiedades de construcción y la posible activación de los requerimientos de remodelación.

CAPÍTULO 4 IMPLEMENTACIÓN DE FEMA P-154 Y RESULTADOS

4.1. PLANIFICACIÓN DE TRABAJOS PREVIO A LA EVALUACIÓN EN CAMPO

4.1.1. Determinación de la Región Sísmica

Para determinar la región sísmica, que establece el tipo de formulario que se debe usar para la evaluación según (FEMA, 2015), se debe obtener los valores de aceleración espectral específicos para el sitio para periodo corto Ss y para un segundo S_1.

Con la herramienta del USGS denominada "Worldwide Seismic Design Tool (Beta)" se puede determinar los valores de aceleración espectral Ss y S_1, mismos que para el sector de la Armenia 1 serían Ss = 2.12g y S_1 = 0.82g, tal y como se indica en la Gráfico 39.

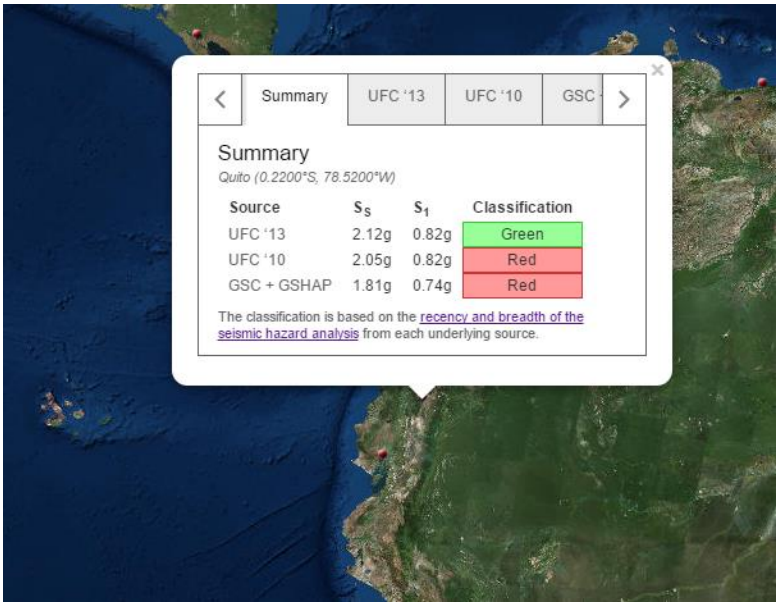


Gráfico 39. Valores para los coeficientes Ss y S_1 para el sector La Armenia 1.
Fuente: (U.S. Geological Survey, 2016)

En (FEMA, 2015) se indica como clasificar la región sísmica del sector por medio del uso de Ss y S_1, para cuyo fin se puede usar como guía la Tabla 7, que se ha indicado. Por tal motivo con los valores de Ss y S_1 que se obtuvieron para este sector, que sería 2.12g y 0.82g correspondientemente, la región sísmica se debe clasificar como Muy Alta.

Tabla 7. Determinación de las Regiones Sísmicas en base a la Repuesta de Aceleración Espectral para MCE.

Región Sísmica	Respuesta de Aceleración Espectral, Ss (periodo corto o 0.2 segundos)	Respuesta de Aceleración Espectral, S1 (periodo largo o 1 segundo)
Bajo	Menor que 0.25g	Menor que 0.10g
Moderado	Mayor o igual que 0.25g y menor que 0.50g	Mayor o igual que 0.10g y menor que 0.20g
Moderadamente Alto	Mayor o igual que 0.50g y menor que 1.00g	Mayor o igual que 0.20g y menor que 0.40g
Alto	Mayor o igual que 1.00g y menor que 1.50g	Mayor o igual que 0.40g y menor que 0.60g
Muy Alto	Mayor o igual que 1.50g	Mayor o igual que 0.60g

Nota: g = aceleración de la gravedad en dirección horizontal.

Fuente: (FEMA, 2015, págs. 16, Capítulo 2). Traducido por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

Adicionalmente para determinar los valores de Ss y S_1, y con el fin de establecer una comparación con lo indicado por la herramienta del USGS, se ha utilizado la curva de peligro sísmico para Quito que es provista por (Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente NEC-SE-DS, 2015). En la cual con una tasa de excedencia de 0.0004, que sería la que corresponde al Máximo Sismo Considerado MCE, se determinan los valores aceleración para 0.2 segundos (Ss) y para 1 segundo (S_1). De donde se ha obtenido un valor de 0.68g para S_1, mientras que para Ss no se ha podido determinar puesto que el gráfico provisto por la NEC no lo permite.

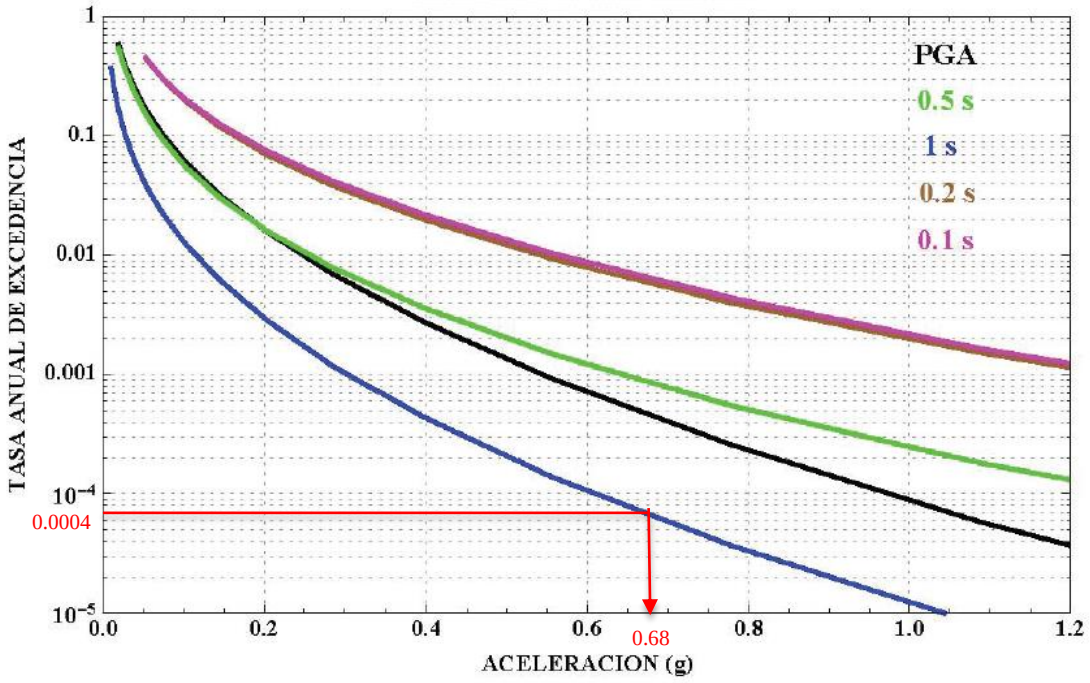


Gráfico 40. Curvas de Peligro Sísmico para Quito a diferentes Periodos Estructurales.
Fuente: (Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente NEC-SE-DS, 2015)

Se puede concluir que de todas maneras el valor de S_1 que se ha obtenido usando la curva de peligro sísmico para Quito ubica a la región según lo que se indica en la Tabla 7 como una región de sismicidad Muy Alta.

4.1.2. Determinación de las fechas de adopción de los códigos sísmicos

El Ecuador ha sufrido diversos desastres naturales, siendo los desastres de origen sísmico los que han constituido una gran destrucción para el país, es debido a este motivo principalmente que el Gobierno Ecuatoriano tras el sismo del 08 de Mayo de 1949, de intensidad X, que afectó principalmente a la provincia de Tungurahua emitió un Código Nacional de Construcción que se estableció como obligatorio en 1952, pero *"debido a varios motivos de*

diversa índole la norma no se aplicó por los constructores o instituciones de gobierno en el país" (INEN, 1976, pág. 1).

No es sino hasta el año 1977 con el establecimiento del Código Ecuatoriano de la Construcción que se adopta y se empieza a aplicar de manera obligatoria las normas que regulan las características de la construcción sismo resistente. Es por tal motivo que se ha tomado como año de adopción y aplicación de código sísmico al año 1977.

En el año 2000 se realiza la actualización y la significativa mejora del Código Ecuatoriano de la Construcción y se lo empieza a aplicar en el año 2001 por lo que se establece para nuestra evaluación este año como el año de referencia o "benchmark year".

Por tal motivo las estructuras que hayan sido construidas antes del año 1977 se verán afectadas en la evaluación de Nivel 1 por el modificador de calificación "Pre Código", en cambio las estructuras que se hayan realizado posteriores al año 2001 se les aplicará el modificador de calificación "Post Referencia". Mientras que las estructuras ejecutadas durante el periodo comprendido entre 1977 y 2001 no verán alterada su calificación por los modificadores anteriormente mencionados.

4.1.2.1. *Justificación de los años de códigos usados para el establecimiento de los modificadores de calificación "Pre-Código" y "Post-Referencia*"

Han existido tres etapas importantes en la historia del código ecuatoriano de la construcción, la primera en el año 1977 pues en este año se hizo oficial y reglamentario su uso con la aplicación de criterios sismo resistentes, la siguiente etapa corresponde al 2000 donde se presentaron importantes mejoras y finalmente en el 2015, donde se dividió e implementó a la norma capítulos con correcciones y mejoras.

Se consideró al año 2000 como “Post Referencia”, pues en comparación con la norma de 1977 se realizaron mejoras como la implementación de las distintas regiones sísmicas, pues en la norma de 1977 para el cálculo del cortante basal se utilizaba una ecuación que consideraba que todo el país estaba en la zona de mayor peligrosidad símica. La deriva permitida en el CEC-77 era del 3.4 por mil y en el CEC-2000 disminuyó a 2.0 por mil. Y con respecto a los coeficientes sísmicos usados, con la norma CEC-77 los valores de fuerzas sísmicas son bajas para las zonas consideradas antiguamente como zona símica 4 (Aguiar Falconí, 2007).

4.1.3. Determinación del nivel límite de calificación “cut-off”

Como ya se ha mencionado anteriormente el valor límite “cut-off” que se utilizará para la evaluación será de 2. Las razones por las cuales se ha tomado dicho valor se han descrito en la sección 3.5 de la presente investigación.

4.1.4. Recopilación de bases de datos municipales

El sector la Armenia 1 forma parte del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, por tal motivo la información que se ha recolectado de las edificaciones de este sector ha sido solicitada a dicha institución.

La información que se ha obtenido del Municipio de Quito para cada una de las edificaciones que integran el estudio es principalmente: datos catastrales, información predial, uso del suelo, uso de la edificación, número de pisos, entre otros; lo cual contribuye a que se puedan llenar los formularios de evaluación y que se proceda con la calificación de cada una de las edificaciones.

La información entregada por el Municipio de Quito consiste en un archivo catastral en formato Geo Data Basa, donde se puede apreciar claramente todos los predios existentes en el sector y una gráfica en planta de las edificaciones.

4.1.5. Tipo de Suelo

Para determinar el tipo de suelo se realizó un muestreo del ensayo SPT, cuyos resultados se indican en la Tabla 9, los datos del sitio donde se realizó el muestreo se especifican en la Tabla 8.

Tabla 8. Ubicación y detalles del muestreo de ensayo SPT

Sitio	Sondeo	Coordenadas UTM		Prof. (m)	Nivel freático (m)
Armenia 1	PT-1	9967297 S	782159 E	6.00	Mayor a 6.00

Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes

Tabla 9. Resultados del muestreo de ensayo SPT

Profundidad (m)	N_{SPT}	Clasificación Manual Visual	Factor de zona Z
0.50 – 1.00	Mayor a 50	Limo arenoso color café claro, con raíces.	0.4
1.50 – 2.00	Mayor a 50	Limo arenoso color café claro, con presencia de oxidaciones.	0.4
2.50 – 3.00	Mayor a 50	Limo arenoso color café claro, con presencia de oxidaciones.	0.4
3.50 – 4.00	Mayor a 50	Limo arenoso color café claro, con presencia de oxidaciones.	0.4
4.50 – 5.00	Mayor a 50	Limo arenoso color café claro.	0.4
5.50 – 6.00	Mayor a 50	Limo arenoso color café claro.	0.4

Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes

Tomando en cuenta el número de golpes que se obtuvieron al realizar el muestreo de ensayo SPT, según lo establecido en la Norma Ecuatoriana de la Construcción, en su capítulo: (Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente NEC-SE-DS, 2015) se puede clasificar al suelo como un perfil tipo C. El número de golpes obtenidos en el ensayo fueron mayores a 50 a lo largo de los 6 metros de profundidad explorados; en la Tabla 10 podemos observar que la NEC determina que con un numero de golpes $N \geq 50.0$ se trata de suelos muy densos o roca blanda, es decir un suelo tipo C

Para comprobar los resultados obtenidos en el ensayo realizado, se solicitó la información recopilada por parte de los fiscalizadores y constructores encargados de la construcción de los puentes localizados en el sector La Armenia 1 y Bocatoma; que forman parte del proyecto vial denominado Armenia 1. Como parte de los estudios, realizaron un sondeo mediante la investigación indirecta a través de ensayos de sísmica de refracción.

La información aquí recopilada nos sirve para determinar el tipo de suelo existente en la zona, pues con la velocidad de transmisión de la onda se puede determinar el tipo de suelo, para lo cual se ha utilizado la Tabla 10, que se indica a continuación, la cual se ha obtenido de (Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente NEC-SE-DS, 2015).

El ensayo de sísmica de refracción realizado por parte de la empresa a cargo del proyecto vial mencionado consistió en 8 bases sísmicas ubicadas estratégicamente con longitudes que variaron ente 65 y 90 metros y realizando tres disparos para lograr una profundidad de investigación aproximadamente entre 15 y 20 metros. Las ubicaciones de las diferentes bases de sísmica de refracción y del ensayo SPT se muestran en el Gráfico 41. En el Anexo 4 se indican los resultados del tipo suelo, obtenidos a partir de las velocidades Vs.

Tabla 10. Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$Vs \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s $> Vs \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s $> Vs \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $Su \geq 100$ KPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s $> Vs \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ 100 kPa $> Su \geq 50$ kPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$Vs < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $Su < 50$ kPa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas ($H > 3$m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad ($H > 7.5$ m con índice de Plasticidad $IP > 75$)	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda ($H > 30$m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Fuente: (Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente NEC-SE-DS, 2015, págs. 29, 30)

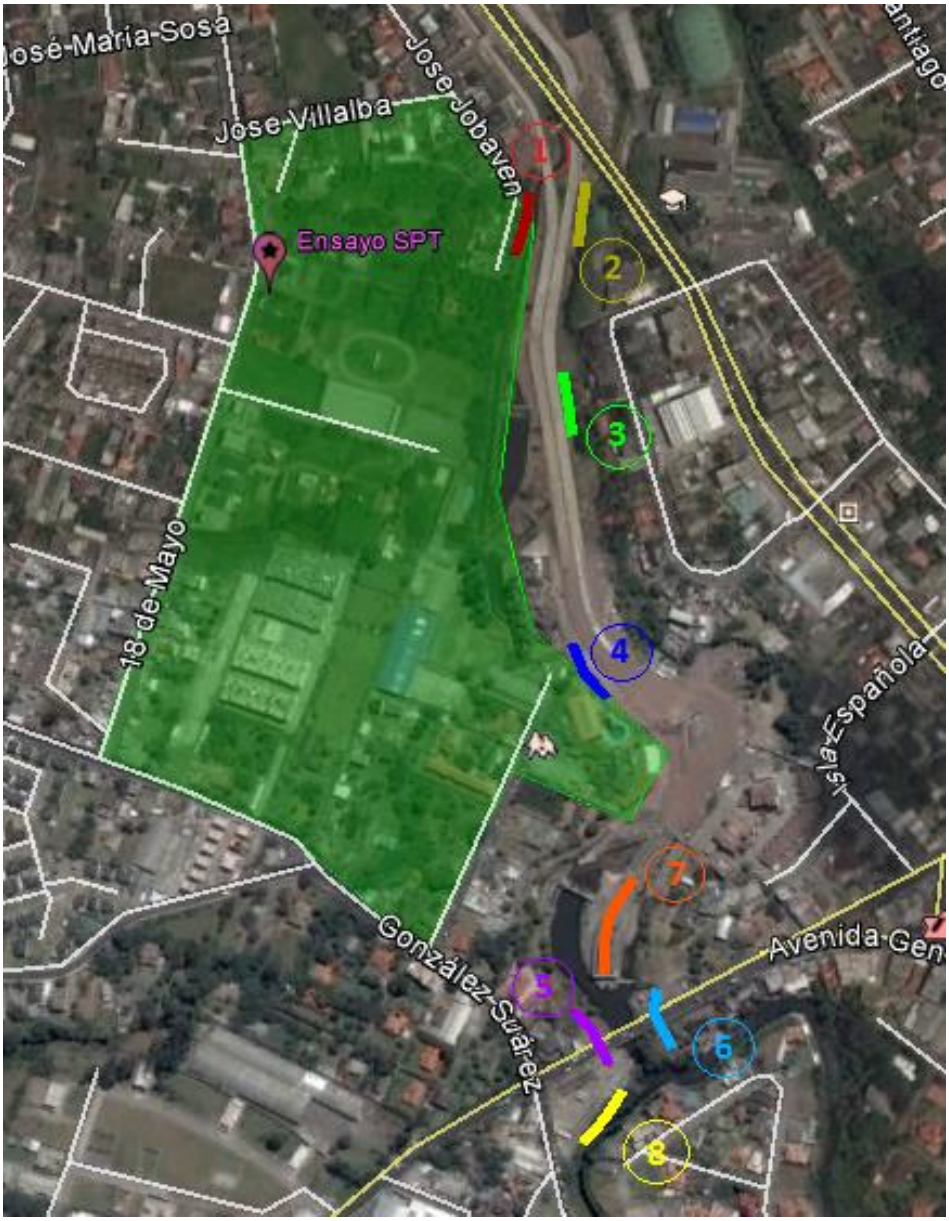


Gráfico 41. Ubicación de muestreo de ensayo SPT y bases de sísmica de refracción.

Las ubicaciones de los ensayos de sísmica de refracción y SPT como se pueden observar en el Gráfico 41 están localizadas a los extremos del área en estudio; por lo cual se puede estimar el tipo de suelo que predomina en la zona. En el ensayo SPT hasta una profundidad de 6 metros

se determinó que existe un suelo tipo C; y con el ensayo de sísmica de refracción a la misma profundidad se obtuvieron velocidades correspondientes igualmente a un suelo tipo C.

En conclusión el suelo que existe en la zona es de buenas características y corresponde a un suelo tipo C en profundidades de alrededor de los 6 metros.

4.2. DESARROLLO Y RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN RVS

Debido a dificultades durante la evaluación como el acceso restringido a ciertas edificaciones, el área de evaluación determinado en la etapa de planeación varió y se decidió evaluar más bien algunas edificaciones que estaban fuera del área original de estudio puesto que representaban una amenaza más inminente por su proximidad al río San Pedro. El desarrollo del estudio RVS consistió en la evaluación de 80 estructuras de diferentes clases, usos, etc.

Entre las edificaciones evaluadas estuvieron las instalaciones de la unidad educativa "LICEO NAVAL QUITO “CDTE. CESAR ENDARA PEÑAHERRERA". Como ya se estableció anteriormente el estudio consistió en llenar los formularios del Nivel 1 y 2 de FEMA P-154 para establecer una calificación que indica su probabilidad de colapso.

Los formularios realizados para todas las estructuras evaluadas se encuentran en el Anexo 12; en ellos se detalla toda la información recopilada en el proceso de planificación y de las observaciones realizadas en campo. En su desarrollo se aplicó todos los criterios de evaluación mencionados en el Capítulo 3 del presente trabajo.

4.2.1. Tipos de Estructuras

En el Ecuador la mayoría de edificaciones existentes son de hormigón armado, pues las estructuras con este material son las que mayor demanda tienen en el mercado ecuatoriano. De

tal manera la mayoría de viviendas existentes son construidas con vigas y columnas de hormigón armado y con mampostería sin refuerzo estructural; este tipo de construcciones en FEMA corresponden a las C3.

Las edificaciones predominantes encontradas en la zona de evaluación fueron efectivamente las de tipo C3; al ser una zona residencial, la mayoría de viviendas tienen este estilo de construcción como se muestra en el Gráfico 42.



Gráfico 42. Ilustración de edificación C3.
Anexos (Formulario: Edificación 50).

El problema en este tipo de edificaciones es que la mampostería ante un sismo es la primera que se verá afectada y puede caer sobre los ocupantes provocando graves lesiones o incluso la muerte. Además la mampostería cuando no tiene juntas de separación con la estructura principal cambia el comportamiento de la misma generando incluso columnas cortas. Los cambios en el comportamiento de la estructura afectan principalmente a su rigidez pues la mampostería aunque no haya sido considerada en el diseño como parte de la estructura,

también trabaja en el sistema de soporte de cargas (Carrillo, 2008). De no considerar estas recomendaciones en el diseño de este tipo de estructuras, las mismas no tendrían un adecuado comportamiento, específicamente en zonas de alto peligro sísmico.

En el sector evaluado se encontraron un total de 57 edificaciones identificadas como C3 del total de las 80 edificaciones evaluadas. Esta cantidad corresponde al 71%, mientras que las edificaciones C1 y URM son las que ocupan los siguientes lugares. En el Gráfico 43 se pueden observar los resultados por porcentajes de edificaciones presentes en el sector, y en el Anexo 5 se encuentra la tabla resumen del tipo de edificaciones encontradas.

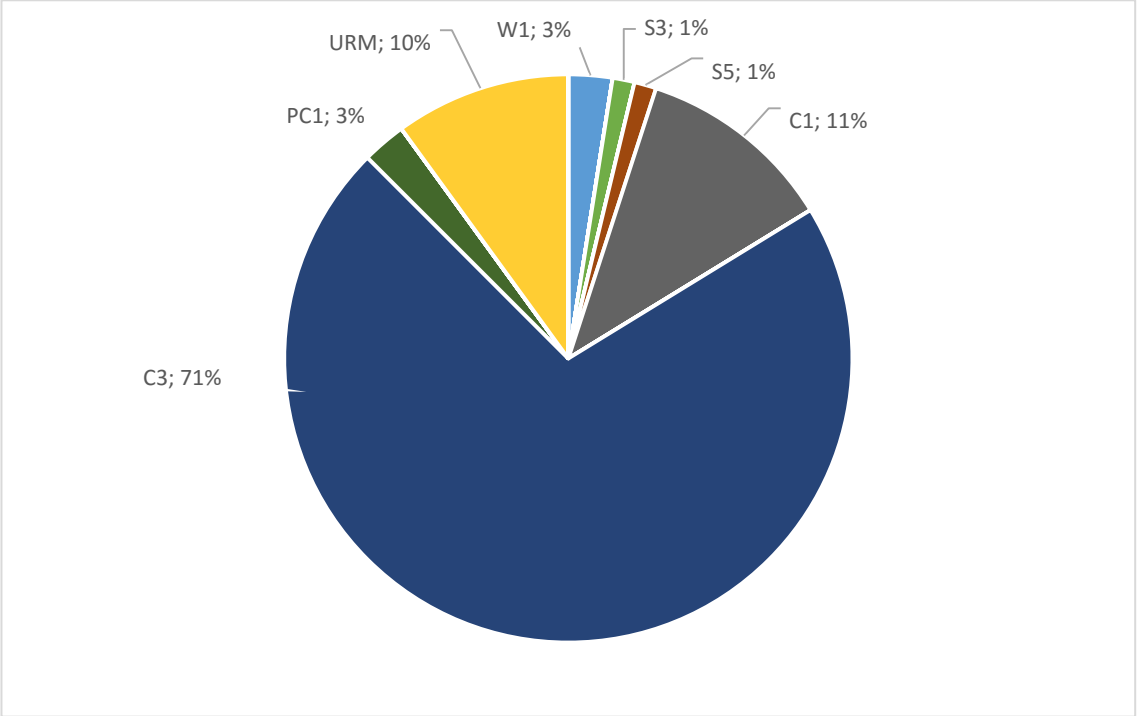


Gráfico 43. Tipos de estructuras presentes en el área de estudio.
Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

Aunque las edificaciones C3 tienen muchas desventajas, las edificaciones URM (Edificaciones de Mampostería no Reforzada) presentan una mayor vulnerabilidad, pues

carecen de un sistema estructural que resista las cargas que se producen por un movimiento sísmico. En el Ecuador todavía existen un gran número de construcciones antiguas hechas de ladrillo y adobe; como se indica en el Gráfico 43, pues el 10% de las edificaciones evaluadas corresponden a este tipo de estructuras. En el Gráfico 44 se presenta un ejemplo de este tipo de edificaciones, encontrada en el sector de estudio.



Gráfico 44. Ilustración de edificación URM.
Anexos (Formulario: Edificación 61).

El problema en estas edificaciones es que ante un evento sísmico la mampostería recibirá directamente las cargas, y al no haber un sistema estructural que ayude a equilibrar las mismas el riesgo de colapso es mucho mayor. Muchos municipios intentan mantener estas estructuras, pues representan un patrimonio cultural; pero este antiguo sistema constructivo debería ser reforzado estructuralmente para que no represente un peligro para sus ocupantes.

4.2.2. Características de las Edificaciones Evaluadas

La metodología de evaluación de estructuras RVS toma en cuenta la mayoría de características de una edificación en función de lo cual se le asigna una puntuación final que representa la probabilidad de colapso. Para esto se parte de un puntaje inicial dependiendo del tipo de estructura y mediante modificadores de puntuación se resta o se suma a la puntuación inicial.

De los resultados obtenidos al realizar la evaluación del sector La Armenia 1 se puede observar que el modificador más común en todas las edificaciones es el de Redundancia, el cual le beneficia a la puntuación con +0.2 y es aplicable cuando el sistema estructural tiene al menos dos vanos que poseen elementos estructurales sismo resistentes a cada lado de la edificación en cada dirección.

Como modificadores que restan puntuación por ser perjudiciales en el comportamiento de la estructura se encontraron con frecuencia discontinuidad, columna corta, irregularidad torsional y golpeteo. En el Gráfico 45 se presenta un resumen de los modificadores detallados para el Nivel 2 con la cantidad en porcentaje encontrados de los mismos.

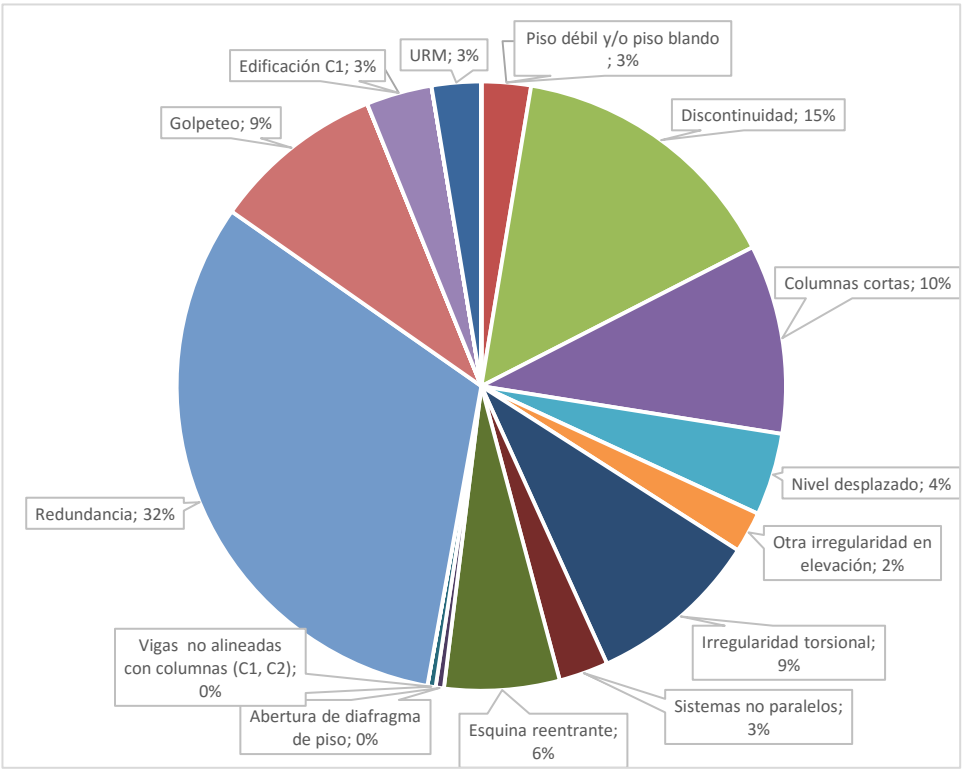


Gráfico 45. Modificadores de Calificación.
Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

La aplicación de estos modificadores se la debe realizar después de haber analizado la estructura confirmando que el modificador corresponde a las características de la misma, pues al aplicar estos modificadores el resultado cambia significativamente.

El modificador que mejora la puntación significativamente corresponde al de readecuaciones, sumándole +1.2 a su calificación total; sin embargo en la evaluación realizada no se encontraron estructuras que hayan realizado mejoras a su sistema estructural.

4.2.3. Irregularidades

El comportamiento de una estructura ante un movimiento sísmico se ve influenciado en gran parte por la forma de la estructura; lo ideal es que en una estructura el centro de masas coincida con su centro de rigideces para evitar que se produzcan efectos de torsión (Riesgo Sísmico, Evaluación, Rehabilitación de estructuras NEC-SE-RE, 2015). Muchas veces por motivos arquitectónicos la estructura tiene formas irregulares que producen cambios en su rigidez y resistencia, produciendo que los esfuerzos se acumulen en determinadas partes de la estructura y el riesgo de daño de la misma sea más elevado.

Las irregularidades pueden ser de dos tipos, en planta o en elevación. Para los dos tipos de irregularidades existentes se tienen diversos casos de afectación a la estructura, mismos que dependiendo de su severidad pueden producir incluso el colapso de la misma como ya se vio el pasado 16 de abril del 2016 en el sismo registrado en la provincia de Esmeraldas. Un resumen de todas las irregularidades por cada una de las edificaciones es presentado en el Anexo 6.

Las irregularidades más predominantes encontradas fueron las de elevación con un 64% del total de irregularidades identificadas, mientras que el 36% restante fueron en planta. En el Grafico 46 a continuación se puede apreciar lo mencionado.

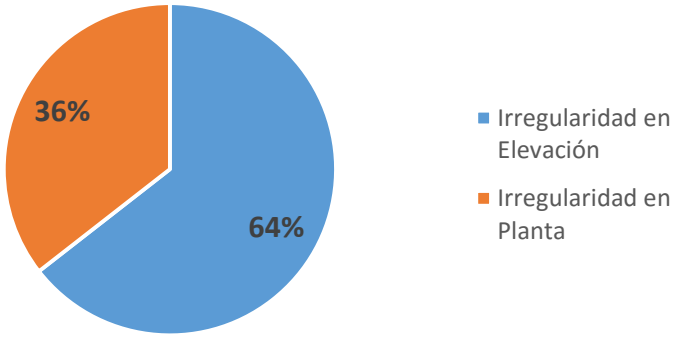


Gráfico 46. Predominio del tipo de irregularidades.
Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

En la zona evaluada se presentaron como irregularidades más frecuentes: la discontinuidad fuera del plano, columnas cortas e irregularidad torsional como se indica en el Gráfico 47.

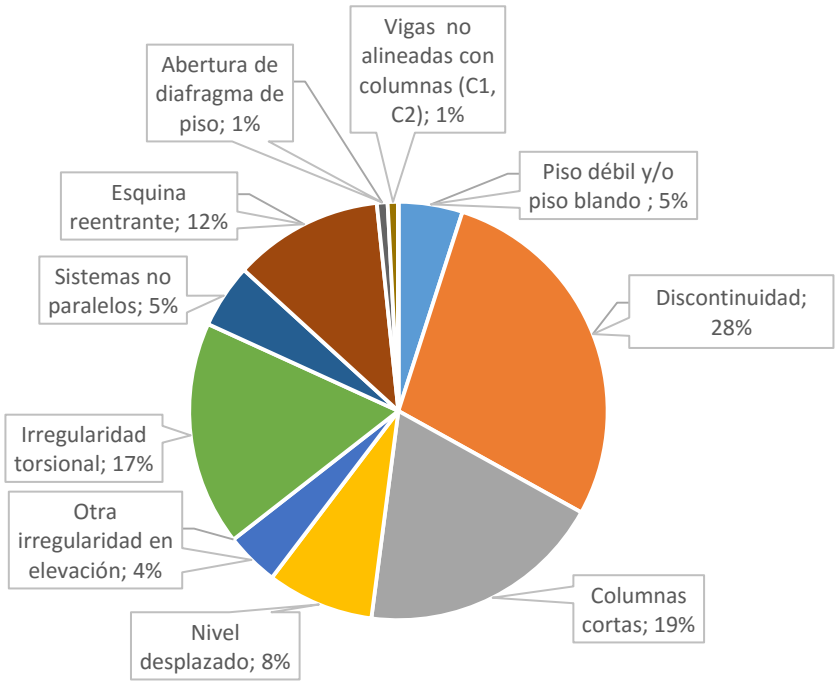


Gráfico 47. Irregularidades identificadas durante la evaluación.
Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

De todas las irregularidades, la más habitual que se identificó fue la de discontinuidad, misma que se presenta por lo general cuando la edificación sigue algún diseño arquitectónico. En el Gráfico 47 se presenta un ejemplo claro de discontinuidad encontrado en la zona evaluada.



Gráfico 48. Discontinuidad fuera del plano.
Anexos (Formulario: Edificación 41).

Aunque las irregularidades son perjudiciales, no significa que no puedan estar presentes en una edificación. En el caso de que se tenga una irregularidad en la estructura se deberá tomar más precauciones al momento del diseño o en el caso una rehabilitación, estas constituirán los puntos principales a ser mejorados y evaluados. Sin embargo existen irregularidades que si deben ser evitadas como es el caso de las columnas cortas, mismas que generan como ya se ha mencionado: un inadecuado comportamiento en la estructura. En el Gráfico 49 se observa un clásico ejemplo de columna corta y en el Gráfico 50 se observa una solución muy simple pero efectiva a este problema, la cual consiste en continuar con la mampostería a lo largo de toda la columna, sin embargo es más recomendable que exista adicionalmente una junta de separación entre mampostería y columna.



Gráfico 49. Columna corta
Anexos (Formulario: Edificación 67).



Gráfico 50. Columna corta
Anexos (Formulario: Edificación 72).

La norma ecuatoriana de la construcción toma en cuenta los efectos negativos de las irregularidades y dispone que cuando se presente una irregularidad se deberá castigar el diseño utilizando coeficientes de penalización; esto para prever un comportamiento deficiente de la estructura (Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente NEC-SE-DS, 2015).

4.2.4. Peligros Estructurales

Después de haber aplicado los modificadores de calificación a cada una de las estructuras dependiendo de sus características constructivas, se obtuvieron los resultados de la calificación del nivel 1 y los resultados definitivos correspondientes al nivel 2. Como ya se determinó anteriormente se considera que una estructura necesita de una evaluación estructural cuando su puntuación es menor a 2.

Aunque los resultados del nivel 2 son los definitivos, en esta investigación se analizó los resultados de cada nivel con el fin de realizar una comparación y análisis entre la variación de estos resultados. En el nivel 1 se encontró que 6 edificaciones no requieren de una evaluación estructural detallada y 74 edificaciones si lo requieren. Estos resultados se los presenta en el Gráfico 51 y pueden ser comprobados en los formularios para cada edificación del Anexo 12.

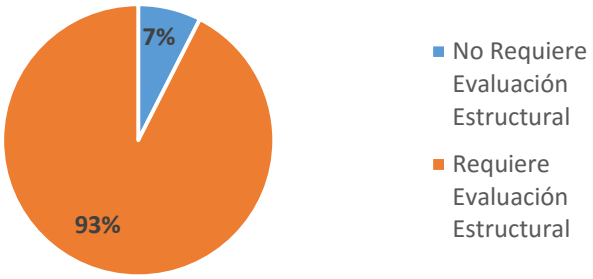


Gráfico 51. Resultados Nivel de Evaluación 1.
Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

El tipo de edificación C3 al tener una puntuación básica de 0.9 es una de las más vulnerables según (FEMA, 2015) y debido a que las edificaciones del sector presentaron varias irregularidades la mayoría llegaron a tener una calificación mínima con la cual se hacía necesaria una evaluación estructural detallada.

En el Nivel 2 de evaluación se aplica un análisis más profundo y detallado por lo que los resultados de este nivel tendrán mayor grado de confiablidad. Los resultados obtenidos en este nivel indicaron que 6 edificaciones no requerían una evaluación estructural detallada y 74 edificaciones si requerían de esta evaluación, estos resultados se aprecian en el Gráfico 52 y pueden ser corroborados en los formularios para cada edificación en el Anexo 12.

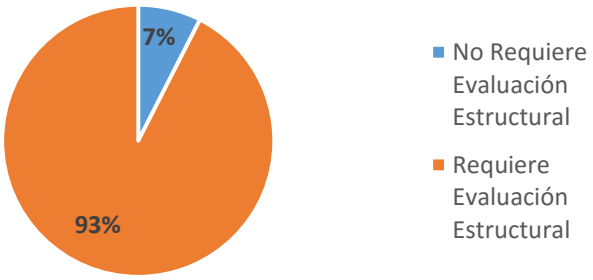


Gráfico 52. Resultados Nivel de Evaluación 2.
Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

Los resultados de los dos niveles de calificación aparentemente son similares, sin embargo esto se debe a que en ambos niveles al evaluar las estructuras las calificaciones de las mismas en la mayoría de ellas llegaron a la puntuación mínima, lo cual ha generado que no exista una variación considerable entre ambos niveles de calificación, esto se puede corroborar en la tabla de resumen de la evaluación con la metodología FEMA en el Anexo 5.

La cantidad de edificaciones que obtuvieron la calificación mínima tanto para el nivel 1 como para el nivel 2 se indican en los Gráficos 53 y 54 respectivamente.

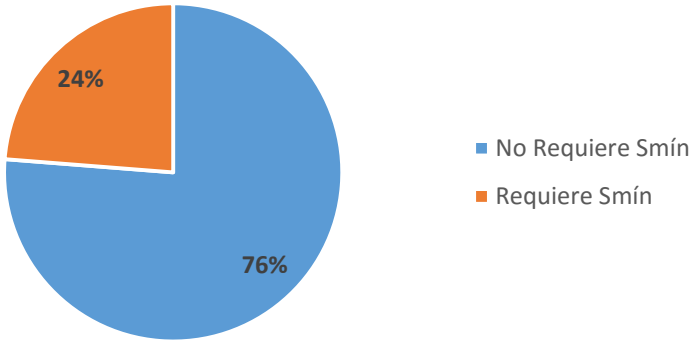


Gráfico 53. Calificación Smín Nivel 1.
Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

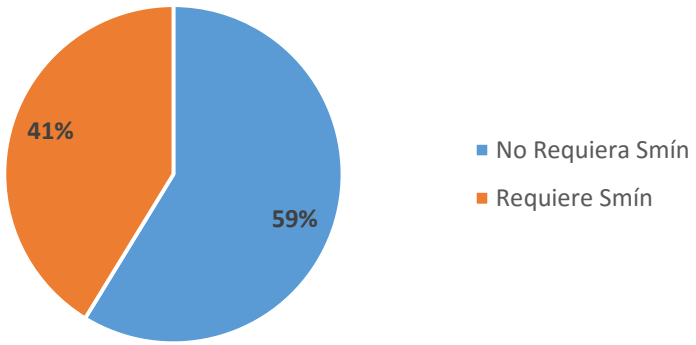


Gráfico 54. Calificación Smín Nivel 2.
Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

Adicionalmente el Nivel 2 de evaluación permite determinar si se requiere una evaluación no estructural detallada. Durante la evaluación que se realizó se encontraron peligros no estructurales como chimeneas, parapetos, etc; que podían ser mitigados y no necesariamente

ser evaluados. En el Gráfico se observa un ejemplo de una chimenea de mampostería no reforzada que constituye un peligro no estructural pero que puede ser mitigado con un reforzamiento de la misma.



Gráfico 55. Chimenea de mampostería no reforzada.

Anexos (Formulario: Edificación 41).

Durante la evaluación de las edificaciones también se encontraron peligros no estructurales que necesitaban de una evaluación detallada para ser solucionados. Un claro ejemplo se indica en el Gráfico 56, donde se observa un anexo constructivo de mampostería no reforzada. Este ejemplo fue encontrado en uno de los bloques administrativos del colegio Liceo Naval Quito; debido a la presencia de estudiantes se recomienda que peligros no estructurales como el mencionado sean evaluados detalladamente para implementar una mejor solución.



Gráfico 56. Peligro no estructural que requiere evaluación detallada.
Anexos (Formulario: Edificación 70).

Otro peligro no estructural encontrado en las instalaciones del Liceo Naval fue que en todos los bloques de aulas existe un volado que cubre los pasillos de salida (Gráfico 57); el volado tiene estructura metálica corroída, pero el problema es que tiene un revestimiento pesado, el revestimiento consiste mortero aplicado sobre una malla (Gráfico 58). Se considera como peligro no estructural pues se observó que este recubrimiento tiene fisuras e incluso ya se ha caído. (Gráficos 59 y 60).



Gráfico 57. Bloque de aulas.
Anexos (Formulario: Edificación 72).



Gráfico 58. Recubrimiento pesado.
Anexos (Formulario: Edificación 74).



Gráfico 59. Volado
Anexos (Formulario: Edificación 74).



Gráfico 60. Volado
Anexos (Formulario: Edificación 74).

Se necesita criterio y experiencia para determinar si un peligro no estructural es mitigable o necesita de una evaluación detallada, por lo que los resultados obtenidos en este estudio son subjetivos, es decir dependen del juicio de quien realice la evaluación. En el sector evaluado se determinó que 67 edificaciones no requieren de una evaluación no estructural detallada, mientras que 13 si lo requieren. Estos resultados se indican en el Gráfico 61.

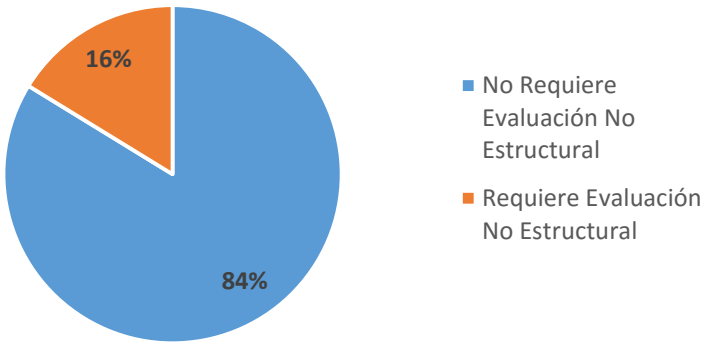


Gráfico 61. Peligros no estructurales.
Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

Los resultados de edificaciones que necesitan una evaluación no estructural detallada no son muy altos, pues la mayoría de los peligros encontrados eran mitigables. La vulnerabilidad de una estructura incrementa cuando además de tener peligros no estructurales también presentan muchas irregularidades y un tipo de edificación de malas características y comportamiento para una zona de alto peligro sísmico. Un ejemplo se presenta en el Gráfico 61, la edificación presentada requiere de una evaluación detallada estructural y no estructural por tener varias características desfavorables.



Gráfico 62. Edificación que requiere evaluación detallada estructural y no estructural
Anexos (Formulario: Edificación 67).

El ejemplo anterior es una estructura que presente muchas irregularidades como columnas cortas, torsión, sistemas no paralelos, esquina rentrante, golpeteo y columna débil-viga fuerte; entre las más críticas que se observaron. Además se consideró que tiene un peligro no estructural que requiere de evaluación por tener una cubierta pesada sobre un pasillo apoyada en mampostería sin refuerzo. Al igual que esta estructura que requiere una evaluación detallada tanto estructural y no estructural se encontraron más edificaciones y el resumen se presenta en el Gráfico 62.

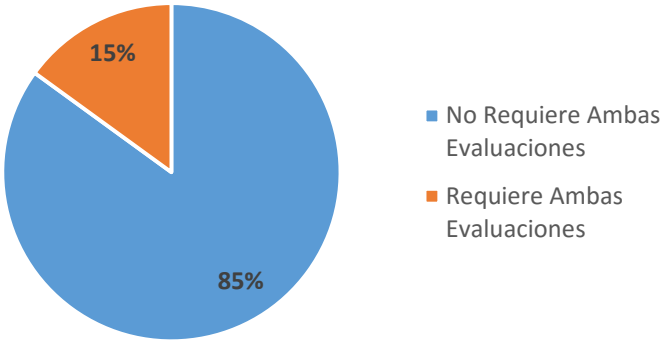


Gráfico 63. Requerimientos de evaluación.
Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

El 15% de las edificaciones que requieren de los dos tipos de evaluaciones se las considera como las más vulnerables, pues presentaron más de una característica desfavorable lo que ocasionó que presentarán una calificación que indicaba alta posibilidad de colapso.

4.3. RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN

Los resultados obtenidos nos demuestran que la gran mayoría de edificaciones tiene diversas irregularidades o peligros no estructurales que las convierten en edificaciones más vulnerables ante un evento sísmico. Esto es resultado de que la mayoría de edificaciones son del tipo C3, es decir una estructura de hormigón con paredes de mampostería no reforzada.

La calificación inicial para este tipo de estructura es de 0.9, muy por debajo del límite establecido de 2; por lo que una estructura de este tipo solo podrá cumplir si se le aplican modificadores positivos, los cuales pueden ser: Redundancia (+0.2) y Readecuación (+1.2). Si se le aplicase estos dos modificadores y si la estructura no tuviese irregularidades

considerables, una edificación C3 puede llegar a tener una calificación de 2.3 y ya sería considerada como una estructura que no requiere de una evaluación estructural detallada pues su posibilidad de colapso sería de 1en 200.

Sin embargo al realizar la evaluación de estructuras solo se pudo aplicar el modificador de redundancia; pero el modificador de readecuación no pudo ser aplicado pues ninguna estructura evaluada presento una readecuación estructural. De tal modo la mejor calificación que obtuvo una estructura C3 fue de 1.1, dando una probabilidad de colapso de 1 en 13. Por lo que todas las estructuras C3 requerirían de una evaluación estructural detallada.

De los resultados obtenidos el 71% de las edificaciones evaluadas corresponden al tipo C3, adicional a esto la mayoría de estructuras restantes presentaba varias irregularidades por lo cual es entendible que se haya obtenido que el 93% de estructuras requieren de una evaluación estructural detallada.

CAPÍTULO 5 EVALUACIÓN DE FENÓMENOS PRODUCIDOS POR LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN COTOPAXI

5.1. ESTABLECIMIENTO DEL POTENCIAL ESCENARIO ERUPTIVO

De los posibles escenarios eruptivos del volcán Cotopaxi (Samaniego, 2004) menciona que el más probable es aquel con un índice de explosividad volcánica, "V.E.I" por sus siglas en inglés, igual a 4. Evento que sería de similares características a la gran erupción acaecida el 26 de Junio de 1877.

Como resultado de la investigación de los ciclos eruptivos del Cotopaxi de los últimos 2000 años (Barberi, Macedonio, & Pareschi, 1991) generaron una curva de distribución de probabilidades para una erupción de similares características a la de 1877 (Ver Gráfico 64) como se cita en (Aguilera & Toulkeridis, 2005), de la cual para el año 2016, luego de un periodo de calma de 139 años del evento volcánico de 1877, se tiene una probabilidad de alrededor del 70%. Por tal motivo el presente capítulo usará este escenario como base para realizar los análisis respectivos.

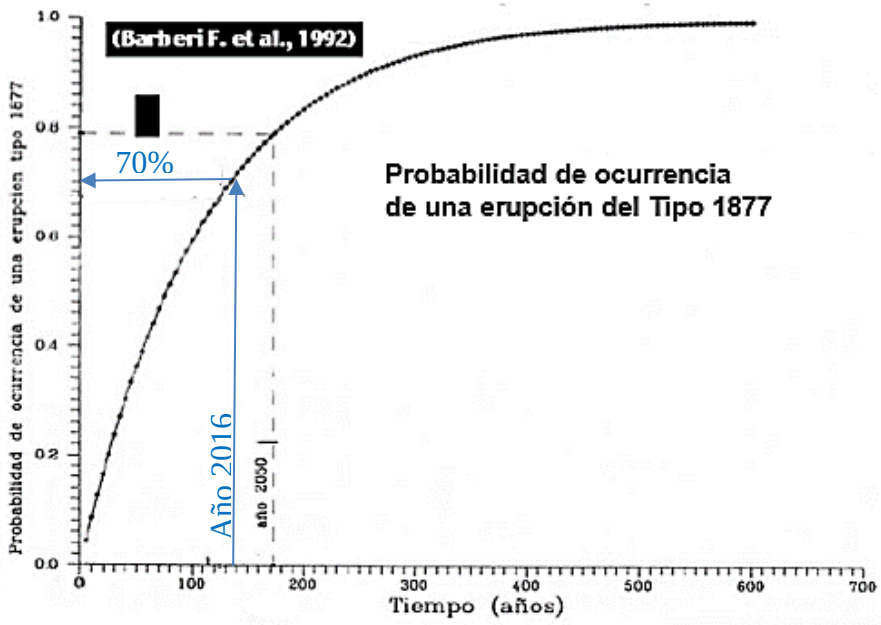


Gráfico 64. Probabilidad de ocurrencia de una erupción del Tipo 1877.
Fuente (Aguilera & Toulkeridis, 2005).

5.2. MATRIZ DE RIESGOS

5.2.1. Introducción a la evaluación de riesgos mediante una matriz

Riesgo se define como la probabilidad de que ocurra un peligro (Aneas de Castro, 2000). Por lo que para la evaluación del riesgo se debe cuantificar el mismo determinando la probabilidad y gravedad de daño que puede ocasionar el evento, en el presente estudio los eventos que se evalúan son los fenómenos volcánicos.

La evaluación de los fenómenos volcánicos que afectarán a las edificaciones del sitio en estudio se llevará a cabo con la generación de una matriz de riesgos, para cuyo fin se establece en primera instancia la siguiente formula, misma que cumple con lo que se ha mencionado sobre evaluación de riesgos.

$$Riesgo = Peligro \times Probabilidad$$

De donde podemos mencionar lo siguiente:

- Riesgo: se ha definido anteriormente
- Peligro: dependerá de la magnitud de daño en la que el fenómeno volcánico afecte al sitio en estudio, tomando en cuenta si en verdad dicho fenómeno afectaría a la zona en estudio, puesto que se debe considerar que por la distancia a la que se encuentra el sitio de evaluación, 40 kilómetros al norte del volcán Cotopaxi, hay varios fenómenos que a pesar de que ocurran tendrán un impacto mínimo o prácticamente nulo sobre el sector que se está evaluando en esta investigación.
- Probabilidad: es una medida de la ocurrencia del fenómeno volcánico, la cual se determinará con ayuda de las investigaciones que se han realizados sobre el volcán Cotopaxi.

La magnitud de daño que el fenómeno puede causar y la probabilidad de ocurrencia del mismo se valoraran como se indica:

1 = Baja o Ninguna

2 = Mediana

3 = Alta

Con los parámetros anteriormente definidos se establece el siguiente gráfico que nos ayudará a entender cómo se realizará la evaluación cualitativa del riesgo. La cual se ha elaborado en base a lo que se destaca en (Gestión de Riesgo, 2009).

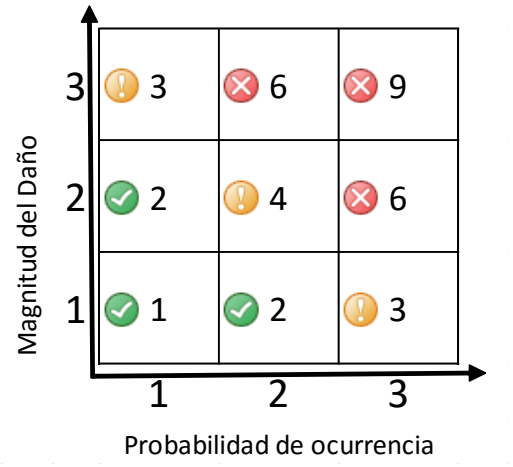


Gráfico 65. Parámetros de evaluación.
Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes,

El riesgo como ya se ha mencionado es el producto del peligro por la probabilidad de que este ocurra, o la magnitud del daño que puede ocasionar el peligro por la ocurrencia del mismo. Tomando en cuenta los parámetros ya definidos para calificar la ocurrencia y la magnitud del daño podemos encontrar el producto de los mismos y con esto obtener la evaluación cualitativa para cada riesgo. De donde se puede identificar tres tipos de riesgo.

Bajo Riesgo = 1 - 2 (Aceptable)

Medio Riesgo = 3 - 4 (Advertencia)

Alto Riesgo = 6 - 9 (Peligro inminente)

5.2.2. Tipos de fenómenos producidos por la erupción del volcán Cotopaxi

Los principales fenómenos naturales que se generarían como producto de la erupción del volcán Cotopaxi ordenados de menor a mayor peligrosidad según menciona (Andrade, y otros, 2005) son los siguientes:

- Sismos volcánicos
- Gases volcánicos
- Flujos de lava
- Domos de lava
- Flujos piroclásticos
- Lluvia de ceniza y piroclastos
- Flujo de lodo y escombros
- Avalanchas de escombros

5.2.2.1. Sismos volcánicos

Casi todos los volcanes a pesar de encontrarse aparentemente "apagados" suelen presentar actividad sísmica, misma que es imperceptible por las personas y que se la detecta solo con el uso de los sismógrafos instalados en los volcanes. Como advertencia de una erupción volcánica comúnmente en los sectores cercanos al volcán se genera un aumento en el tipo y número de sismos, lo cual lejos de constituir en un peligro para los pobladores y las estructuras ayudan a entender el comportamiento de los procesos que se generan dentro del volcán (Andrade, y otros, 2005).

Estos sismos solamente en ciertas ocasiones son sentidas por las poblaciones cercanas al volcán. Las erupciones precedentes del volcán Cotopaxi han generado sismos que los habitantes de los pueblos adyacentes al volcán han conseguido sentir, pero dichos sismos no han generado daños importantes en las estructuras (Andrade, y otros, 2005). Por lo descrito anteriormente este fenómeno se califica de la siguiente manera:

Magnitud del daño = 1

Probabilidad de ocurrencia = 1

5.2.2.2. Gases volcánicos

Los gases volcánicos en su gran mayoría están compuestos por vapor de agua, los mismos se pueden apreciar durante la erupción volcánica y en los periodos anterior y posterior a la misma. No obstante "*dichos gases volcánicos pueden estar compuestos por gases como: dióxido de azufre, ácido clorhídrico, dióxido de carbono o monóxido de carbono*" (Andrade, y otros, 2005); mismos que en determinadas concentraciones pueden resultar peligrosos para la vida. Así mismo se tienen otros gases que al adherirse a la ceniza pueden contribuir a la contaminación de los recursos hídricos y el suelo o al combinarse con el agua de la atmósfera producir lluvia ácida (Andrade, y otros, 2005).

La recolección de información de erupciones históricas del Cotopaxi en su mayoría no hacen alusión a este fenómeno volcánico, sin embargo esto se debe en gran parte a que la población que se encuentra en las zonas inmediatamente cercanas al volcán no es muy grande, además que seguramente este fenómeno produjo una afectación mucho menor en comparación a otros (Andrade, y otros, 2005). Considerando lo descrito y tomando en cuenta otros aspectos como la gran altura del volcán Cotopaxi y los vientos que soplan en la zona en la que el mismo se ubica, así como el hecho de que el sector en estudio se encuentra en un valle que en su mayoría es plano, sin que existan depresiones importantes en las cuales se pueda generar concentraciones letales de gases volcánicos, se califica a este fenómeno de la siguiente manera:

Magnitud del daño = 1

Probabilidad de ocurrencia = 2

5.2.2.3. Flujos de lava

La lava es roca fundida que para llegar al estado líquido requiere de temperaturas mayores a 900 º C y para que fluya debe poseer una viscosidad relativamente baja. Principalmente se generan cuando el contenido de gases en el magma es bajo lo que sucede en las erupciones poco explosivas. Los flujos de lava que se han generado como producto de la erupción del Cotopaxi desde hace 4000 años generalmente no han recorrido más de 6 a 8 kilómetros desde el volcán, a excepción de unos cuantos que llegaron a recorrer hasta 16 kilómetros (Andrade, y otros, 2005).

Si se produjese este fenómeno la lava llenaría el cráter del Cotopaxi y se desbordaría por las partes más bajas del mismo que son los flancos al este y oeste del volcán, siendo así que la afectación de las zonas hacia los flancos norte y sur no es muy probable, a no ser que la lava escurra a través de alguna fractura o fisura en el volcán ocasionando que la lava escurra por allí y mas no por su cráter. Contrario a lo que podría pensarse la lava al desbordar por el cráter y entrar en contacto con los glaciares del volcán generaría una fusión lenta del glaciar lo que no produciría lahares de tamaño considerable, sin embargo la lava de los flancos altos al fluir podría ver solidificada su parte frontal, lo cual debido a la gravedad puede generar que la misma se derrumbe y forme un flujo de bloques y ceniza, mismo que si produciría una fusión importante en el glaciar (Andrade, y otros, 2005).

El sector en estudio como ya se indicó se encuentra alrededor de 40 kilómetros al norte del volcán Cotopaxi, lo que revela que la peligrosidad de este fenómeno es baja para el sector que se ha evaluado en esta investigación, además como se ha destacado la probabilidad de flujos de lava para la zona norte y sur es media. Más bien el interés del fenómeno estaría en función

de la capacidad de que probablemente pueda generar lahares de tamaños considerables al producirse una fundición importante del lahar lo que se genera si se produjese un flujo de bloques y ceniza, pero esto más bien induce a tomar en cuenta al fenómeno volcánico denominado lahar y no el estudio del flujo de lava.

Magnitud del daño = 1

Probabilidad de ocurrencia = 2

5.2.2.4. Domos de lava

Son formaciones de magma de viscosidad muy alta, lo cual genera que el mismo fluya de manera muy lenta generándose el enfriamiento lento y acumulación del mismo sobre el cráter o en la fisura por donde está escurriendo. Al ser formaciones poco estables los domos pueden derrumbarse y generar flujos de bloque y ceniza por los flancos del volcán que como ya se ha mencionado podría generar la fusión de una gran cantidad del glaciar del volcán, así mismo podría producirse la explosión de los domos lo que arrojaría fragmentos de material a kilómetros de distancia del volcán (Andrade, y otros, 2005).

Por las investigaciones históricas que se han realizado sobre el volcán Cotopaxi se sabe que desde hace 4000 años no se ha producido la generación de domos de lava durante las erupciones del volcán (Andrade, y otros, 2005), por lo que la probabilidad de ocurrencia de este fenómeno es baja y gracias a la distancia a la que se encuentra el sector que se evalúa en la investigación, el daño que podría causar este fenómeno es prácticamente nulo.

Magnitud del daño = 1

Probabilidad de ocurrencia = 1

5.2.2.5. Flujos piroclásticos

Son generados gracias a la combinación de fragmentos de roca, ceniza y principalmente gases productos de la erupción volcánica. Los flujos piroclásticos se producen en su mayoría en aquellas erupciones de carácter explosivo y fuerte, en las cuales los mismo descienden por las laderas del volcán desde su cráter a velocidades incluso mayores a los 200 kilómetros por hora, con temperaturas superiores a los 500 º C, por tal motivo este fenómeno volcánico es capaz de fundir grandes cantidades del glaciar del volcán de una manera muy efectiva (Andrade, y otros, 2005).

Los estudios geológicos que se han realizado indican que en casi todas las erupciones de los pasados 2000 años se ha generado este fenómeno volcánico (Hall, Mothes, & Hidalgo, Mapa geológico del volcán Cotopaxi/Geologic Map of Cotopaxi Volcano, esc. 1:50 000, IGM-IG/EPN, 2005), así mismo se indica que las erupciones volcánicas de los últimos 4000 años han generado flujos piroclásticos que han avanzado hasta distancias entre 4 a 9 km desde el cráter del volcán, con excepcionales eventos que llegaron a recorrer hasta 20 km (Andrade, y otros, 2005). Considerando que este fenómeno no afectará de forma directa a los habitantes del sector en estudio, sino más bien contribuirá de manera indirecta a otro fenómeno natural que conocemos como flujos de lodo y escombros o lahar, se lo clasifica como sigue:

Magnitud del daño = 1

Probabilidad de ocurrencia = 3

5.2.2.6. Lluvia de ceniza y piroclastos

Piroclastos se refiere a los fragmentos de roca de origen volcánico que se generan durante una erupción. La ceniza forma parte de los piroclastos, pero su particularidad es que tiene un tamaño inferior a 2 milímetros.

Los fragmentos de roca volcánica más grandes y pesados que se expulsan durante la erupción son arrojados en las cercanías del cráter, mientras que las partículas más livianas y de menor tamaño, como la ceniza, son lanzadas a la atmosfera a grandes alturas desde donde pueden ser acarreadas por el viento a grandes distancias (Andrade, y otros, 2005). Este fenómeno afecta a los pobladores y seres vivos alrededor del volcán, incluso a la economía debido a que aspectos como la agricultura, ganadería, entre otras se ven seriamente alteradas por la lluvia de piroclastos; incluso las estructuras se ven afectadas debido al peso adicional que la ceniza produce sobre las mismas, de hecho esto ha generado que incluso en el código ecuatoriano de la construcción se considere este aspecto para el cálculo de las edificaciones.

La gravedad con que este fenómeno puede afectar depende de la distancia a la que se encuentre un lugar, así como de la dirección del viento. Durante prácticamente todas las erupciones del Cotopaxi suscitadas desde hace ya 2000 años se ha presentado este fenómeno volcánico. Debido a la dirección del viento en la zona del Cotopaxi que tiene una predominancia de dirigirse hacia el este es que las zonas más afectadas son aquellas que están al occidente del volcán, aunque los reportes históricos han dado a conocer que incluso el Distrito Metropolitano de Quito se ha visto afectado por la caída de ceniza (Andrade, y otros, 2005).

Se ha indicado que durante la erupción más destructiva de la que se tiene registro histórico que es la de 1877 Quito fue cubierto por una capa de ceniza de 6 milímetros de espesor (Sodiro, 1877). El Distrito Metropolitano de Quito según lo que se indica en el mapa regional de peligros volcánicos del volcán Cotopaxi, elaborado por (Hall, Mothes, Samaniego, Yepes, & Andrade, 2004) se vería afectado por una capa de ceniza de espesor menor a 5 centímetros, misma que causaría afectaciones a los seres vivos, pero no sería letal y la misma afectaría a las cubiertas de las edificaciones (Andrade, y otros, 2005). Considerando todo lo mencionado se clasifica este fenómeno como se indica a continuación:

Magnitud del daño = 2

Probabilidad de ocurrencia = 3

5.2.2.7. Flujo de lodo y escombros

Conocidos también como lahares, son una combinación de material volcánico con masas de agua que se generan ya sea por la fusión de glaciares, durante una erupción volcánica, así como por las fuertes lluvias o por el desbordamiento de lagos que se ubiquen en el cráter de los volcanes. Estas masas de agua y material tienen un comportamiento parecido a un aluvión o la crecida de un río, con la capacidad de acarrear incluso bloques de grandes tamaños (Andrade, y otros, 2005).

Se ha determinado que durante una erupción del Cotopaxi este fenómeno podría formarse ya sea por la fusión de los glaciares del volcán debido el desbordamiento de flujos piroclásticos desde el cráter del mismo, constituyendo lo que se conocen como lahares primarios; también se pueden generar lahares de menor volumen y alcance conocidos como lahares secundarios,

que se producen gracias al acarreamiento de ceniza y piroclastos debido a las lluvias fuertes (Andrade, y otros, 2005).

Estudios de geología que se han desarrollado han indicado que en prácticamente todos los ciclos eruptivos del Cotopaxi desde hace ya 2000 años se ha producido este fenómeno volcánico (Hall, Mothes, & Hidalgo, Mapa geológico del volcán Cotopaxi/Geologic Map of Cotopaxi Volcano, esc. 1:50 000, IGM-IG/EPN, 2005). De manera específica durante la ocurrencia de este fenómeno en la zona norte, el Rio Pita ha sido el precursor principal de catástrofes cuantiosas, tanto de vidas humanas, animales e inmuebles, afectando principalmente al valle de Los Chillos, lo que establece a este fenómeno como el más peligroso debido al alcance que tiene y a los desastres que puede originar (Andrade, y otros, 2005). Por lo destacado anteriormente se clasifica a este fenómeno como se indica:

Magnitud del daño = 3

Probabilidad de ocurrencia = 3

5.2.2.8. Avalanchas de escombros

Ocurren debido al derrumbamiento de los flancos de un volcán, en cuyo caso grandes cantidades de rocas y material fluyen a lo largo de las faldas del volcán, produciendo inclusive en ocasiones erupciones explosivas y violentas, debido a que se puede destapar el conducto volcánico produciendo enormes cantidades de flujos piroclásticos con la erupción (Andrade, y otros, 2005).

Es importante destacar que este fenómeno no se genera de manera repentina, además es de una frecuencia muy baja. De los reportes históricos que se ha recopilado no se conoce que se haya

generado este fenómeno durante los ciclos eruptivos más recientes del Cotopaxi, sin embargo se conoce que hace 4500 años durante una erupción del coloso si se produjo este fenómeno, en donde la avalancha de escombros se dispersó hasta llegar a las faldas de los volcanes Rumiñahui, Sincholahua y Pasochoa (Andrade, y otros, 2005). Por tal motivo este fenómeno se califica como se indica:

Magnitud del daño = 1

Probabilidad de ocurrencia = 1

5.2.3. Elaboración de la matriz de riesgos

Con las calificaciones que se ha dado a cada uno de los fenómenos volcánicos en cuanto a la magnitud y probabilidad de ocurrencia de los mismos se ha determinado la evaluación cualitativa del riesgo de cada fenómeno volcánico de la manera en la que se describió en la sección introductoria de la aplicación de la matriz de riesgos. Los matriz de riesgo resultante para los fenómenos volcánicos del volcán Cotopaxi se indica a continuación.

Tabla 11. Matriz de riesgos de los fenómenos volcánicos del Cotopaxi.

Fenómeno volcánico	Magnitud del daño	Probabilidad de Ocurrencia	Riesgo
Sismos volcánicos	1	1	1
Gases volcánicos	1	2	2
Flujos de lava	1	2	2
Domos de lava	1	1	1
Flujos piroclásticos	1	3	3
Lluvia de ceniza y piroclastos	2	3	6
Flujo de lodo y escombros	3	3	9
Avalanchas de escombros	1	1	1

Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

Como se observa en la matriz los fenómenos que presentan un mayor riesgo para el sector en estudio son la lluvia de ceniza y piroclastos, así como el flujo de lodo y escombros. Es así que a continuación se realiza un estudio del posible nivel de afectación que tendrían las edificaciones ante la ocurrencia de estos dos fenómenos volcánicos.

Es importante mencionar que el estudio que se ha realizado tanto de la matriz de riesgos como de los fenómenos volcánicos: lluvia de ceniza y piroclastos, y de flujo de lodos y escombros, que se describen a continuación, tiene su grado de incertidumbre y no deben ser tomados como valores definitivos, sino más bien como un esfuerzo por determinar el posible grado de afectación de las edificaciones ante los fenómeno antes mencionados, por lo que posteriores y

más minuciosos estudios de las edificaciones del sector podrían no estar de acuerdo completamente con lo que se describe en esta investigación.

5.3. ESTUDIO DE AFECTACIÓN DE LAS EDIFICACIONES ANTE LLUVIA DE CENIZA Y PIROCLASTOS

Los piroclastos de gran tamaño son propensos a caer en las cercanías del cráter del volcán, por consiguiente debida a la distancia a la que se encuentra el sector que se evalúa en esta investigación, 40 kilómetros, el estudio de la afectación del fenómeno se centrará en ver el daño que podría ocasionar la ceniza, que por acción del viento y al ser pequeña y liviana puede viajar grandes distancias.

Anteriormente se indicó que el sector en estudio se vería afectado por una capa de ceniza menor a 5 centímetros (Hall, Mothes, Samaniego, Yepes, & Andrade, 2004). En las edificaciones este fenómeno volcánico afectaría principalmente a su cubierta. (Andrade, y otros, 2005) indican que para espesores de ceniza entre 0.5 a 10 centímetros casi la totalidad de edificaciones serían capaces de soportar la ceniza, sin embargo es importante recalcar que esto depende en gran medida del tipo de cubierta que se tenga, así como del sistema estructural que sustente la misma; siendo que los sistemas estructurales que no son lo suficientemente fuertes pueden colapsar si la ceniza llega a acumularse en capas cercanas a los 10 centímetros, especialmente si es que esta se humedece. Por tal motivo cuando se presenta este fenómeno es importante realizar una limpieza adecuada de las cubiertas para prevenir la acumulación de ceniza.

(Cargas No Sísmicas NEC-SE-CG, 2015, pág. 27) especifica que *“para cubiertas planas, inclinadas y curvas la sobrecarga debe ser de 0.7 kN/m^2”*. También menciona que para la

zona andina y sus estribaciones, para las edificaciones específicamente por encima de los 1000 metros sobre el nivel del mar, como es en el caso del sector que se estudia en esta investigación, no se permite realizar una reducción de carga viva en cubiertas, previniendo de esta manera la caída de ceniza y granizo. (Guevara, y otros, 2009) mencionan que la densidad de la ceniza en estado húmedo se encuentra alrededor de 1.4 g/cm^3, considerando los 5 centímetros de acumulación de ceniza que se esperan para el sector en estudio, la carga que se generaría será de 70 kg/m^2 o lo que es igual 0.69 kN/m^2. De este análisis se puede concluir que las edificaciones que cumplan con lo establecido en la norma no tendrían peligro de colapso en su cubierta, puesto que las cargas de ceniza que se esperarían en el sector ya estarían previstas en el diseño.

Para determinar si las cubiertas de las edificaciones del sector en estudio se verían afectadas por la caída de ceniza se realizó una evaluación en función del tipo de cubiertas existentes.

- Las edificaciones con cubiertas de teja se considera que serían gravemente afectadas pues el peso de la ceniza más agua pueden provocar el corrimiento de las tejas y una adecuada limpieza es muy complicada de realizar por lo que se generaría una acumulación de la ceniza.



Gráfico 66. Cubierta de Teja

- Cubiertas con láminas de acero delgadas (hojas de zinc) se considera que serían gravemente afectadas, pues por su delgado espesor no representan gran peso y la estructura que las soporta no suele ser muy resistentes. La caída de ceniza sobre estas láminas de acero delgadas puede generar el colapso de la cubierta.



Gráfico 67. Cubiertas con Hojas de Zinc

- En el mercado se ofertan paneles de acero con diseños que aparentan la tradicional teja; estas planchas metálicas tienen un mayor espesor que las láminas de acero

delgado (hojas de zinc). Dichas cubiertas han sido consideradas con un grado moderado de afectación pues la plancha en si es más resistente, así como la estructura que la soporta.



Gráfico 68. Cubierta con Paneles de Acero.

- Las cubiertas de fibrocemento son muy comunes en construcciones no muy antiguas; muchas edificaciones cambiaron el sistema tradicional de teja por este sistema por su facilidad de instalación y porque el mantenimiento es más sencillo. Este tipo de cubierta se consideró con un grado posible de afectación moderado, pues las planchas de fibrocemento en sí son muy pesadas y un peso adicional por parte de la ceniza representaría una gran carga para la estructura que la soporta.



Gráfico 69. Cubierta con Planchas de Fibrocemento.

- La cubierta más frecuente que se encontró consiste en una losa de hormigón armado que puede incluir algún tipo de recubrimiento asfaltico para su impermeabilización o simplemente con aditivos en el hormigón que impiden el paso del agua. Este tipo de cubiertas por ser de hormigón armado son capaces de soportar grandes cargas verticales como las que ejercerían la caída de ceniza; debido a sus características el grado de afectación en estas cubiertas fue considerado como bajo.



Gráfico 70. Cubierta de Losa de Hormigón Armado.

En la evaluación realizada en campo se determinó el tipo de cubierta que tiene cada edificación del sector en estudio, para poder determinar el grado de afectación que tendría ante la caída de ceniza. La información recopilada y el desarrollo de la misma se la puede observar en el Anexo 7, donde se le dio una valoración según su tipo de cubierta de acuerdo a tres distintos niveles estimados de afectación.

- Grave 
- Moderado 
- Bajo 

De las 80 edificaciones evaluadas se encontró que el tipo de cubierta predominante en el sector es la losa de hormigón armado. Este tipo de cubiertas son muy comunes debido a la facilidad y rapidez constructiva y por los acabados arquitectónicos que se les puede dar; en la zona evaluada el 36% de edificaciones tienen este tipo de cubierta.

La cubierta de teja ocupa el segundo lugar de tipo de cubiertas predominantes del sector; esto se debe principalmente a que la Armenia 1 es un sector residencial y la mayoría de viviendas tienen un estilo rústico o clásico. El número de edificaciones con cubierta de teja equivale al 32%.

Los resultados obtenidos en este análisis del número total de edificaciones y su tipo de cubierta se describen en la Tabla 12 y Gráfico 71.

Tabla 12. Edificaciones clasificadas por el tipo de cubierta

Tipo de Cubierta	# Unidades	%
Teja	26	32
Hojas de Zinc	6	8
Planchas de Fibrocemento	14	18
Panel de Acero	5	6
Losa de Hormigón Armado	29	36
Total Edificaciones	**80**	**100**

Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

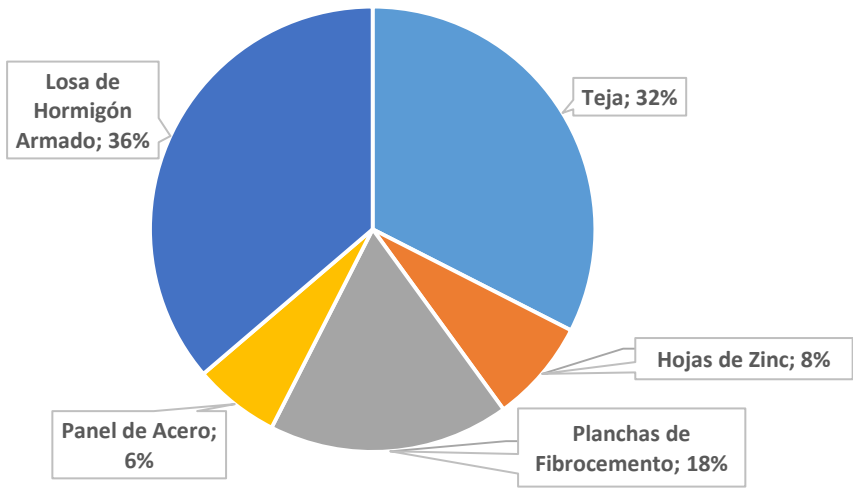


Gráfico 71. Tipo de cubiertas de edificaciones.
Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

Del análisis realizado se ha determinado el grado de afectación de la cubierta para cada una de las edificaciones, en base a lo que se ha descrito anteriormente. En la Tabla 13 y Gráfico 72 que se indican a continuación, se presenta la cantidad y el respectivo porcentaje del grado de

afectación del total de edificaciones evaluadas. En el Anexo 7 se indica el grado de afectación de las cubiertas de cada edificación debido al fenómeno volcánico lluvia de ceniza.

Tabla 13. Edificaciones clasificadas según el grado de afectación en su cubierta.

Grado de Afectación	**# Unidades**	**%**
Bajo	29	36
Moderado	19	24
Grave	32	40
Total Edificaciones	**80**	100

Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes

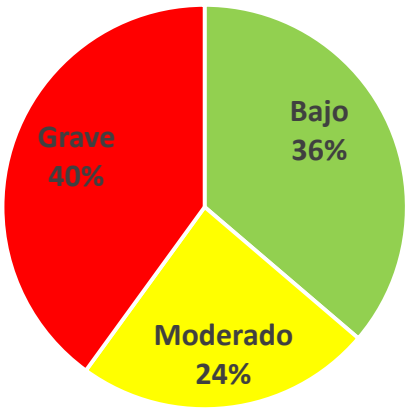


Gráfico 72. Grado de Afectación de edificaciones.
Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

5.4. ESTUDIO DE AFECTACIÓN DE LOS FLUJOS DE LODO Y ESCOMBROS

Como se observa en la matriz de riesgos (Ver Tabla 11) el fenómeno que presenta un mayor riesgo para el sector en estudio es el flujo de lodo y escombros o lahares, argumento que coincide con los diversos estudios que se han realizado acerca de los fenómenos volcánicos, mismos que han determinado que este fenómeno es el más destructivo y catastrófico, el cual afectaría un área de alrededor de 913,57 km^2 en los cuales se verían amenazadas alrededor de 150.000 personas (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2015).

La determinación del grado de afectación de cada una de las edificaciones, se ha determinado en función de la altura de sumergimiento que tendría cada una de las estructuras si se produjese un lahar debido a la erupción del Cotopaxi.

En las cercanías al sector en estudio se encuentran tres ríos principales los cuales llevarían los lahares del volcán Cotopaxi, estos son los ríos Pita, San Pedro y Santa Clara. El río Santa Clara desemboca en el río San Pedro antes del sector conocido como Bocatoma; y a la altura del colegio Farina el río San Pedro se une con el río Pita. Sin embargo en caso de una erupción los ríos Santa Clara y Pita llevarán los lahares pero unirán sus caudales antes del centro comercial San Luis Shopping, como lo indica Gráfico 73. Es por esta razón que se asumió como altura más desfavorable a los flujos laháricos transportados por el río Pita en las cercanías del sector en evaluación, que es de 15 metros según lo que menciona (Aguilera & Toulkeridis, 2005).

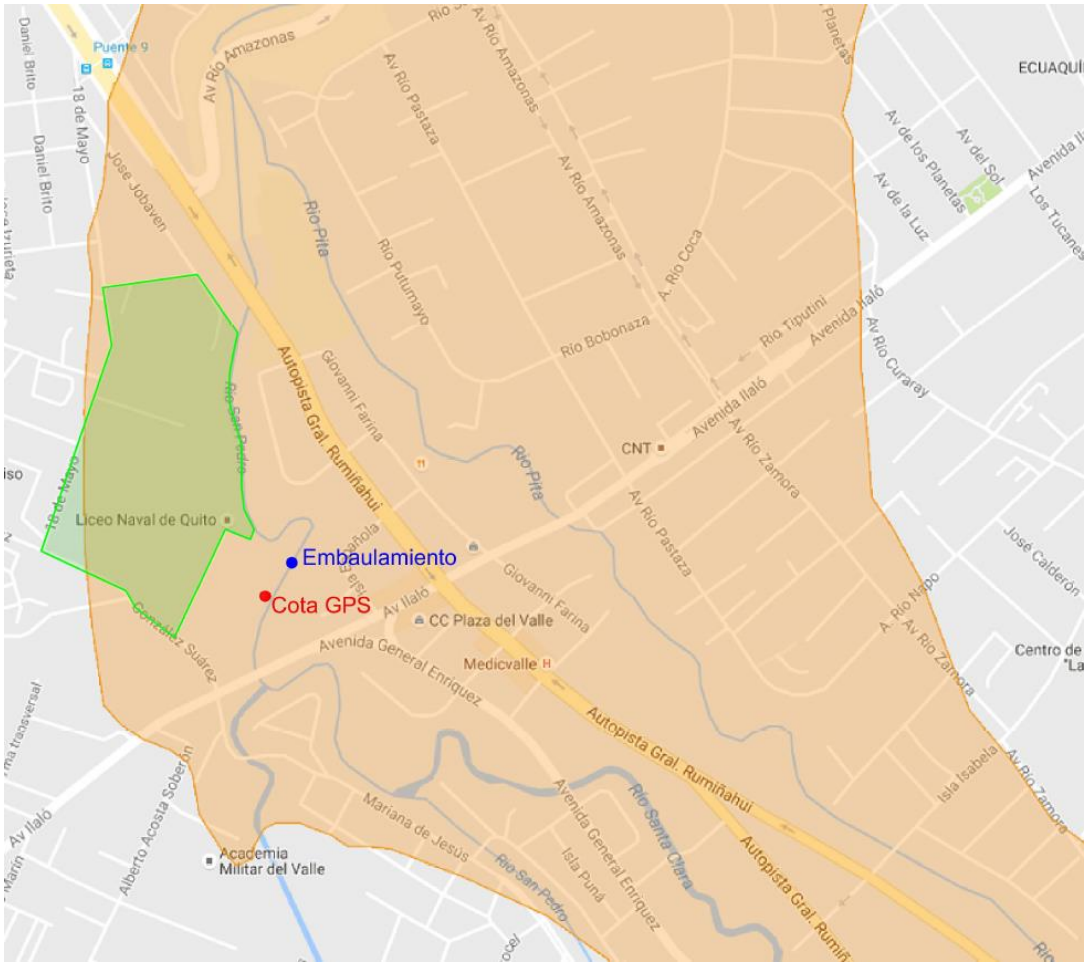


Gráfico 73. Área de afectación debido a los flujos laháricos en el sector la Armenia 1.
Fuente: (Secretaría de Gestión de Riesgos, s.f)

Tomando en cuenta este precedente se ha determinado que la altura del lahar en este sector llegaría a los 2459 metros sobre el nivel del mar; esta altura esperada de crecida se la determinó al sumar los 15 metros a la cota de fondo de río que se encuentra a los 2444 m.s.n.m. como lo indica la Tabla 14. El lugar donde se determinó la cota de fondo del río fue antes del embaulamiento del mismo; a partir de este punto el río se encuentra embaulado debido a las recientes obras viales del sector.

Tabla 14. Coordenadas de punto en el fondo del río San Pedro.

Sitio	Punto	Coordenadas UTM		Altura (m)
Armenia 1	P-1	9966812 S	782407 E	2444

Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

Una vez que se establecieron las cotas de cada una de las edificaciones y la cota a la que puede llegar el lahar en caso de erupción del volcán Cotopaxi, se determinaron criterios para evaluar el grado de afectación que tendría una estructura, dependiendo principalmente del grado de sumergencia que tendrán cada una de las edificaciones por el paso de los flujos laháricos. A continuación se presentan los grados de afectación que fueron considerados.

- Grave
- Moderado
- Bajo
- Nulo

Los 4 niveles de afectaciones establecidos se basan en el posible daño que puede generar el paso del lahar por las edificaciones; para esto se explica a continuación el por qué se consideró cada uno de los grados de afectación y cuando se aplican los mismos.

- **Nulo**: Cuando el nivel del lahar no llega a la edificación.



Gráfico 74. Grado de afectación Nulo.

- **Bajo:** Cuando la altura del lahar es menor o igual a 1 metro, debido a que las edificaciones con este grado de riesgo no se ven afectadas por el lahar en sí, con sus características propias de densidad y velocidad, sino más bien es un efecto de la inundación que se produciría por el paso del lahar por la corriente principal, afectando principalmente a sus fachadas, sistemas eléctricos, sistemas de alcantarillado y sistemas de agua potable. Incluso en este grado de afectación los cerramientos de las propiedades podrían proteger a la edificación.

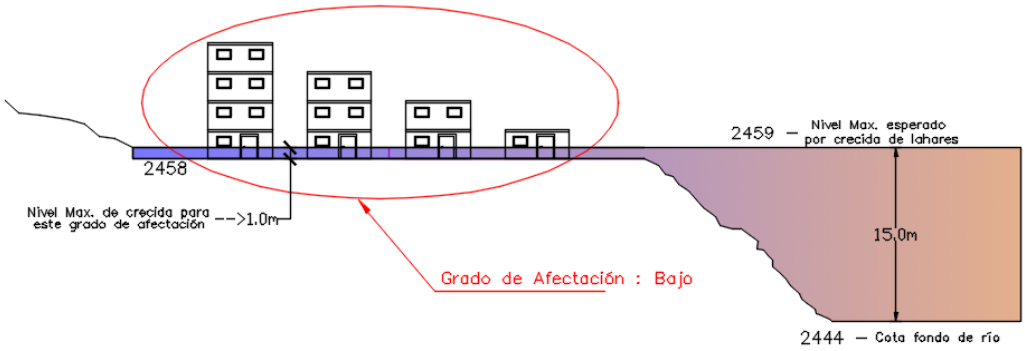


Gráfico 75. Grado de afectación Bajo.

- **Moderado:** Se encuentran en esta categoría las edificaciones en las cuales el lahar es de un nivel que va desde 1 metro hasta cubrir totalmente la planta baja (Sin considerar

las de un solo piso que para este caso ya serían grave) debido a que a este nivel los elementos estructurales de la planta baja, que sustenta a todos los pisos superiores, ya podrían encontrarse comprometidos.

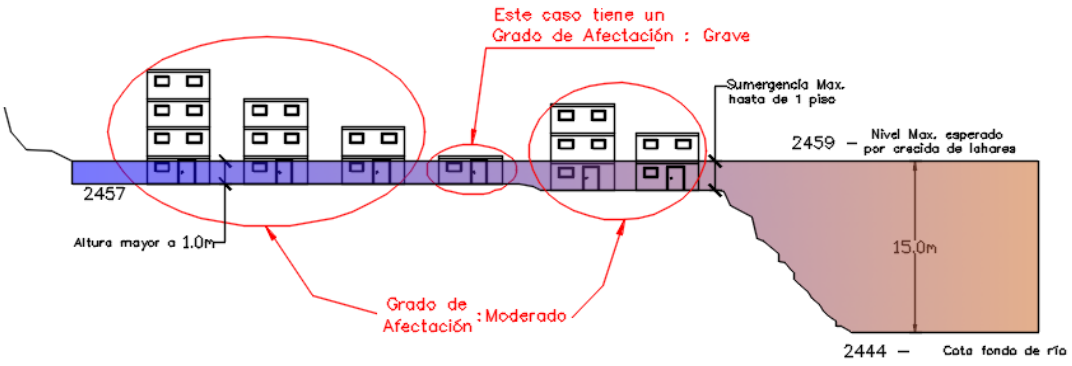


Gráfico 76. Grado de afectación Moderado.

- **Grave:** Para las edificaciones en donde el nivel del lahar supera la altura de la planta baja, porque para este caso la corriente del lahar que llegará a la edificación puede generar más daños pues por su altura podría acarrear escombros de importantes dimensiones.

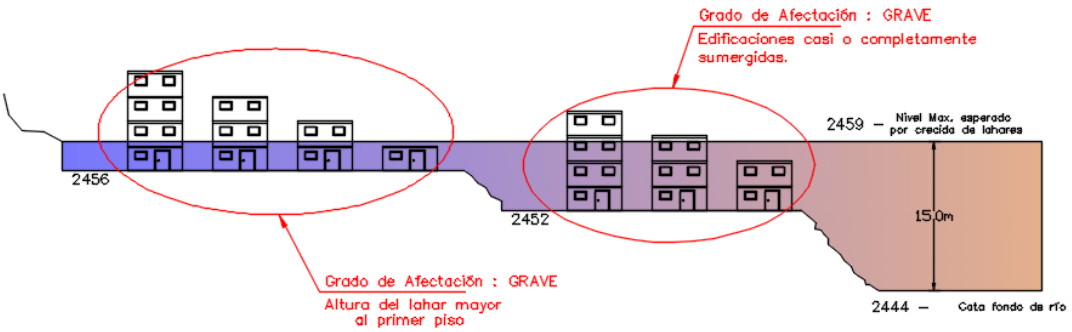


Gráfico 77. Grado de afectación Grave.

Del estudio de afectación de las edificaciones ante flujo de lodo y escombros se ha identificado el grado de afectación para el total de estructuras, cuyos resultados se presentan

en la Tabla 15 y Gráfico 78 que se indican a continuación. En el Anexo 7 se indica el grado de afectación para cada una de las edificaciones.

Tabla 15. Edificaciones clasificadas según el grado de afectación.

Grado de Afectación	# Unidades	%
Nulo	27	34
Bajo	18	22
Moderado	3	4
Grave	32	40
Total Edificaciones	**80**	**100**

Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

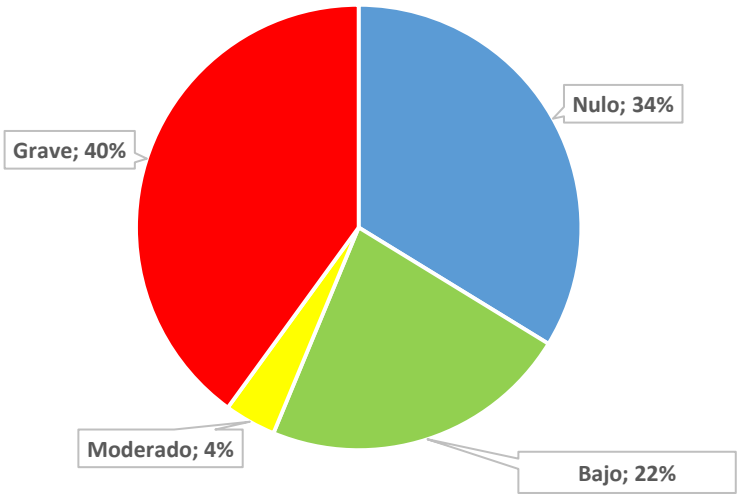


Gráfico 78. Grado de Afectación de edificaciones.
Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES

- Es imposible determinar cuándo se producirá una erupción volcánica, los estudios que se han realizado para la estimación de la misma se han basado en recopilaciones de datos históricos, estudios de geología y narraciones de eventos pasados, mismos que han contribuido a establecer proyecciones estadísticas basándose en el comportamiento histórico del volcán. Sin embargo existen señales que advierten de la activación de un volcán como son los sismos volcánicos, las fumarolas volcánicas, el aumento de temperatura en el volcán, entre otras; por tal motivo volcanes como el Cotopaxi son monitoreados constantemente.
- De la información que se ha recopilado en esta investigación en cuanto a los diversos eventos sísmicos ocurridos en el país, cabe destacar que la mayoría de estos eventos han generado afectaciones principalmente en las regiones costa, sierra central y sierra norte del Ecuador, lo que coincide con el mapa de zonas sísmicas que ha desarrollado la Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- El estudio ha revelado que el tipo de edificación más frecuente es el realizado con pórticos de hormigón armado y mampostería no reforzada, lo cual corresponde al tipo de edificación C3 de la clasificación FEMA. Un total de 57 edificaciones de las 80 evaluadas fueron clasificadas como el tipo de edificación mencionado, lo cual equivale al 71 % del total de estructuras evaluadas.
- Antiguamente el tipo de construcción más común en el país, específicamente en la serranía ecuatoriana, eran las edificaciones con mampostería no reforzada, la cual se define en FEMA como una edificación de tipo URM. Estas estructuras en la actualidad

se las considera muy vulnerables debido a su sistema estructural y a que las mismas fueron construidas sin tomar en cuenta aspectos como los eventos sísmicos, mismos que cambian el comportamiento estructural estático de las edificaciones. Del total de edificaciones analizadas se encontró que el 10 % de estructuras corresponden a este tipo.

- Las irregularidades en una edificación producen un efecto negativo en el comportamiento de las mismas, estas pueden ser en planta o en elevación. En el estudio de las edificaciones se encontró que la irregularidad en elevación es mucho más frecuente. Del total de irregularidades identificadas en todas las edificaciones que se evaluaron para la investigación, el 64 % fueron irregularidades en elevación, mientras que el restante 36% fueron irregularidades en planta.
- De las irregularidades, tanto en planta como en elevación, las más frecuentes que se identificaron fueron la de discontinuidad fuera del plano (Volados o Retrocesos en planta) con un porcentaje del 28%, columnas cortas con el 19% y esquina reentrante con el 12%. De ellas se puede analizar que la discontinuidad fuera del plano y esquina reentrante son condiciones que se presentan por el diseño arquitectónico principalmente, sin embargo la columna corta es un problema de diseño y construcción pues incluso el código ecuatoriano de la construcción dice específicamente *"Se debe evitar la presencia de columnas cortas, tanto en el diseño como en la construcción de las estructuras"* (Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente NEC-SE-DS, 2015, pág. 49).
- La norma FEMA P-154 establece que la evaluación RVS tiene dos niveles de análisis; siendo el segundo opcional pues representa un mayor análisis y tiempos de

levantamiento de información. Para el área estudiada se decidió aplicar los dos niveles de estudio independientemente de los resultados obtenidos en el nivel 1. En el estudio realizado los dos niveles nos indicaron que un 93% de las estructuras requieren de evaluación estructural, lo que nos daría a entender que aplicar el nivel 2 no es necesario pues se obtendrán los mismos resultados; sin embargo esto se debe a que la mayoría de las estructuras presentaban varias irregularidades y su calificación llegaba a ser la mínima, de las 80 edificaciones evaluadas el 76% de ellas obtuvieron nota mínima en el nivel 1 y el 59% en el nivel 2, el resto de estructuras que faltan para llegar al 93% corresponden a aquellas que tienen una calificación mayor al Smin pero menor al cut-off que es 2. En conclusión el Nivel 2 de estudio sin duda es más específico, pues presenta muchos más modificadores que convierten a este Nivel en más confiable por lo que si se recomienda su realización.

- Como resultado final al aplicar la metodología FEMA P-154 se obtuvo que el 93% de las estructuras requieren de una evaluación estructural detallada, y el 16% requiere de una evaluación no estructural detallada. El alto porcentaje de edificaciones que requieren de una evaluación estructural detallada se debe principalmente a que en el sector de estudio el 71% de las estructuras corresponden a las tipo C3, mismas que tienen una calificación inicial de 0.9 y al no haberse encontrado el modificador "Readecuaciones" en ninguna de las estructuras del sector que aumentaría la calificación inicial en +1.2, con lo que se conseguiría llegar al 2.1 que ya cumpliría con el criterio del cut-off, mismo que la clasificaría como una edificación que no requiere evaluación estructural detallada. El único calificador positivo para este tipo de

edificación encontrado fue el de redundancia por lo que la máxima calificación que obtuvieron las estructuras de este tipo fue 1.1.

- Para determinar los fenómenos volcánicos que afectarían a un sector, el aspecto más imprescindible que se debe tomar en cuenta es la distancia a la que se encuentra el sitio, pues a pesar de que suceda un fenómeno volcánico este podría generar una afectación considerable o ninguna dependiendo de la distancia del sector con respecto al fenómeno volcánico. La investigación realizada ha establecido que los peligros asociados con la lluvia de ceniza y el flujo de lodos y escombros son los principales peligros que se deben tomar en cuenta para una gestión de riesgos en el sector en estudio.
- Tomando en cuenta el espesor de ceniza que podría caer sobre las cubiertas del sector en evaluación, la investigación ha concluido que las cubiertas de hormigón armado siempre y cuando se diseñen con lo que se especifique en la Norma Ecuatoriana de la Construcción no presentarían ningún problema ante una lluvia de ceniza, este porcentaje de edificaciones para el sector es de 36%.
- El estudio realizado en esta investigación de las edificaciones afectadas por los flujos de lodo y escombros ha concluido que el sector La Armenia 1 tiene una zona de afectación semejante a la que ha determinado la Secretaría de Gestión de Riegos. Específicamente la diferencia que se puede establecer es en aquellas edificaciones que en el estudio se han identificado con un grado de afectación bajo o nulo, mismas que en el mapa de amenazas del volcán Cotopaxi de la Secretaría de Gestión de Riesgos varían en cuanto a si son afectadas o no.

CAPÍTULO 7 RECOMENDACIONES

- La etapa de planeación es muy importante para el desarrollo de la metodología que se ha utilizado en esta investigación, la cual es planteada por FEMA P-154, los trabajos previos que se realicen como obtención de información permitirán que el trabajo en campo sea más rápido y sencillo. Se recomienda que se obtenga de lo posible aerofotogrametrías o se realice un análisis del sector a evaluarse mediante imágenes satelitales, esto para tener una mejor apreciación de la forma en planta de las edificaciones, también se recomienda que se obtengan los catastros del sector, donde se detalla información como número de pisos, materiales de construcción y demás información que ya puede ser llenada en los formularios FEMA, de tal manera que los evaluadores solo confirmen la información ya obtenida y puedan calificar más rápido a la estructura.
- FEMA nos indica que el Nivel 2 de estudio es opcional, pero se recomienda aplicarlo pues además de que este Nivel tiene un grado de confiabilidad mayor por realizar una evaluación más detallada, también es de gran ayuda para los evaluadores, debido a que al realizar un análisis más detallado de las irregularidades o características de la estructura se obliga a que los evaluadores analicen cada detalle que se puede omitir en el Nivel 1 de estudio.
- Es importante mencionar que el estudio que se ha realizado en cuanto a la evaluación de las estructuras ante eventos sísmicos, la matriz de riesgos para eventos volcánicos, así como el estudio de los fenómenos volcánicos: lluvia de ceniza y piroclastos, y de flujo de lodos y escombros, tiene su grado de incertidumbre y no deben ser tomados

como valores definitivos, sino más bien como un esfuerzo por determinar el posible grado de afectación de las edificaciones ante los fenómeno antes mencionados, por lo que posteriores y más minuciosos estudios de las edificaciones del sector podrían no estar de acuerdo completamente con lo que se describe en esta investigación.

- De los pasados acontecimientos que han producido desastres y por los resultados obtenidos en el presente trabajo, se ha verificado que el Ecuador es un país con alta vulnerabilidad, por lo cual se recomienda que se implementen planes de mitigación de riesgos en los cuales los ciudadanos tengan una participación más activa, puesto que la reducción de vulnerabilidad tiene mucho que ver con cuan preparados e informados están las personas
- De la información que se ha recopilado se evidencia que en el Distrito Metropolitano de Quito se pueden observar varias construcciones edificadas en zonas de riego por lo que se recomienda que las entidades públicas tengan un mayor control en cuanto a la planificación del desarrollo urbano, uso del suelo y un control adecuado con respecto a la ejecución de las estructuras.

BIBLIOGRAFÍA

- *Actualización de la Actividad Eruptiva del Volcán Cotopaxi N° 5 - 2016 - Instituto Geofísico - EPN.* (2016). Recuperado el 2016 de Julio de 19, de http://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/1303-actualizacion-de-la-actividad-eruptiva-del-volcan-cotopaxi-n-5-2016
- Aguiar Falconí, R. (2007). *Factor de Reducción de las Fuerzas Sísmicas en Edificios de Hormigón Armado sin Muros de Corte.* .
- Aguiar, R. (2008). *Análisis Sísmico de Edificios.* Quito. Recuperado el 19 de Julio de 2016, de http://publiespe.espe.edu.ec/investigativas/rman/b2c1.htm
- Aguiar, R. (2013). *Microzonificación Sísmica de Quito.* Quito: Centro de Investigaciones Científicas. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Aguilera, E., & Toulkeridis, T. (2005). *El Volcán Cotopaxi, una amenaza que acecha.* Quito.
- Andrade, D., Hall, M., Mothes, P., Troncoso, L., Eissen, J.-P., Samaniego, P., . . . Yepes, H. (Noviembre de 2005). Los peligros volcánicos asociados con el Cotopaxi. Quito, Ecuador: Corporación Editora Nacional.
- Aneas de Castro, S. (2000). Riesgos y peligros: una visión desde la Geografía. *Scipta Nova (en línea)*(60). Obtenido de http://www.ub.edu/geocrit/sn-60.htm
- ASCE/SEI. (2010). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE/SEI 7).*
- *Cargas No Sísmicas NEC-SE-CG.* (2015).

- Carrillo, C. (2008). *Comparación de la respuesta sísmica incorporando y desacoplando la mampostería y técnicas de reforzamiento.* Facultad de Ingeniería Civil. ESPE. Sede Sangolquí.
- Chamorro, D. (14 de Agosto de 2015). El Instituto Geofísico reportó dos explosiones en el volcán Cotopaxi; ceniza cae en el sur de Quito. *El Comercio*. Recuperado el 19 de Julio de 2016, de http://www.elcomercio.com/actualidad/ministerio-ambiente-explosiones-volcan-cotopaxi.html
- Cuatro temblores sacudieron a Quito. (12 de Agosto de 2015). *El Comercio*. Recuperado el 19 de Julio de 2016, de http://www.elcomercio.com/actualidad/temblor-sacudio-quito.html
- *El anillo de fuego del pacífico.* (26 de Junio de 2012). Recuperado el 15 de Diciembre de 2015, de Lisas.20minutos.es: http://listas.20minutos.es/lista/el-anillo-de-fuego-del-pacifico-334642/
- FEMA. (2015). *Rapid Visual Screening of Buildings for Potencial Seismic Hazards: A Handbook* (Tercera ed.).
- FEMA. (2015). *Rapid Visual Screening of Buildings for Potencial Seismic Hazards: A Handbook.*
- FEMA. (2015). *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: Supporting Documentation.*
- GAD Provincia de Pichincha. (2015). *Gestión de Riesgos y Prevención de Desastres.* Recuperado el 19 de Julio de 2016, de

http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/pgd/1diagnostico/1pichsolid/12_riesgos.pdf

- *Gestión de Riesgo.* (2009). Recuperado el 15 de Agosto de 2016, de https://protejete.wordpress.com/gdr_principal/matriz_riesgo/
- Guevara, A., De la Torre, E., Criollo, E., Valencia, L., Gallegos, B., & Mena, F. (2009). Evaluación de la Influencia de la ceniza volcánica sobre suelos agrícolas aledaños al volcán tungurahua. *Revista Informativa de la Secretaria Técnica de Gestión de Riesgos*.
- Hall, M., Mothes, P., & Hidalgo, S. (2005). *Mapa geológico del volcán Cotopaxi/Geologic Map of Cotopaxi Volcano, esc. 1:50 000, IGM-IG/EPN*. Quito.
- Hall, M., Mothes, P., Samaniego, P., Yepes, H., & Andrade, D. (2004). *Mapa regional de peligros volcánicos potenciales del volcán Cotopaxi - Zona Norte.* Quito.
- Hibsch, C., Alvarado, A., Yepes, H., Sébrier, M., & Pérez, V. (1996). *FALLA ACTIVA DE QUITO Y FUENTES SISMOGENÉTICAS REGIONALES: UN ESTUDIO DEL RIESGO SÍSMICO DE QUITO (ECUADOR) CON EL ANÁLISIS DE LOS SEDIMENTOS CUATERNARIOS.*
- IGEPN. (25 de Noviembre de 2013). *PROYECTO INTERINSTITUCIONAL PARA MONITOREO DE TERREMOTOS Y TSUNAMIS.* Recuperado el 19 de Julio de 2016, de http://www.igepn.edu.ec/cayambe/825-proyecto-interinstitucional-para-monitoreo-de-terremotos-y-tsunamis

- IGEPN. (17 de Abril de 2016). *INFORME SÍSMICO ESPECIAL N. 13 - 2016.* Recuperado el 19 de Julio de 2016, de http://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/1317-informe-sismico-especial-n-13-2016
- INEN. (1976). *Guía Popular de Construcción Sismo Resistente.* Quito, Ecuador. Obtenido de https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.gpe.9.1976.pdf
- Manosalvas, S. (2014). *COTOPAXI - Instituto Geofísico - EPN.* Recuperado el 19 de Julio de 2016, de http://www.igepn.edu.ec/cotopaxi
- OEA. (1991). Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños. Washington, D.C., Estados Unidos.
- OEA. (1993). Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado. Washington, D.C., Estados Unidos.
- Ordóñez, J., Samaniego, P., Mothes, P., & Schilling, S. (2013). *LAS POTENCIALES ZONAS DE INUNDACIÓN POR LAHARES EN EL VOLCÁN COTOPAXI.*
- *Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente NEC-SE-DS.* (2015).
- Peltre, P. (1989). *Riesgos Naturales en Quito* (Vol. II). Quito: Corporación Editora Nacional.
- Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. (1993). *Los desastres no son naturales.*
- *Riesgo Sísmico, Evaluación, Rehabilitación de estructuras NEC-SE-RE.* (2015).

- Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., & Yepes, H. (2007). *Breves Fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador.* Quito: Corporación Editora Nacional.
- Secretaría de Gestión de Riesgos. (2015). *Plan de Contingencia Amenaza de Erupción del Volcán "Cotopaxi"*.
- Secretaría de Gestión de Riesgos. (s.f). *Mapa de amenaza volcán Cotopaxi.* Obtenido de https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1YiUOIQopou41BghFslEuFGxngXE
- SEG-HIDROVERD. (s.f). *Evaluación Técnico Económica Nº 002.* Quito.
- Sodiro, L. (1877). Relación sobre la erupción del Cotopaxi acaecida el día 26 de Junio de 1877. pág. 50.
- Tavera, H. (s.f). Fuentes sismogénicas y tipos de sismos en Perú. *Revista del Capítulo de Ingeniería Geológica*, 39-41. Recuperado el 24 de Abril de 2016, de http://www.igp.gob.pe/hernando.tavera/documentos/publicacion/Notas_Cortas/fuentes%20sismogenicas.pdf
- U.S. Geological Survey. (2016).
- Yepes, H. (15 de Agosto de 2015). Breve reseña de los sismos provenientes de la falla geológica de Quito que han afectado a la capital. *El Comercio*. Recuperado el 19 de Julio de 2016, de http://www.elcomercio.com/actualidad/resena-sismos-falla-geologica-quito.html

ANEXOS

ANEXO 1: Actividad Histórica del Volcán Cotopaxi

Fecha	Descripción
1532	Existe una confusión respecto a esta fecha, en varias fuentes se cita a esta fecha como inicio de las actividades eruptivas registradas pero corresponde a las características de la erupción de 1533.
1533, Junio	Erupción con formación de flujos piroclásticos, gran cantidad de ceniza y lahares de gran magnitud. Esta erupción destruyo entre 6 y 7 pueblos indígenas.
1698	Erupción con presencia de lava, caída de piroclastos y lahares. Los lahares se desplazaron principalmente hacia el oeste y sur oeste (Latacunga y Salcedo). Se registraron daños materiales y pérdida de vidas humanas sin conocerse un número estimado.
1740 - 1741	Posible inicio de las actividades volcánicas previas a las grandes erupciones de 1742. Se estima que presentaba una actividad moderada en esta época.
1742, Junio 15 y Julio 16	En estas dos fechas se presentaron grandes e importantes erupciones en las que hubo presencia de flujos piroclásticos, ceniza, lapilli y lahares que destruyeron zonas cercanas al volcán
1742, Diciembre 09	En esta fecha se produce la mayor erupción de este ano con gran cantidad de lluvia de cenizas, flujos piroclásticos y lahares de gran magnitud que avanzaron principalmente por el rio Cutuchi; se conoce que avanzaron hacia Latacunga y Salcedo y posiblemente hacia los valles de los Chillos y Tumbaco y hacia el Oriente. Hubieron centenares de pérdidas humanas y danos materiales, los danos más graves fueron en Latacunga pero también hubo destrucción de puentes, casas, haciendas, molinos, entre otros.
1743, Septiembre 28	Se reanuda la actividad volcánica con mayor intensidad que en el año 1742. Hubo caída de ceniza, lapilli y lahares de menor magnitud los cuales llegaron a Latacunga y Salcedo y produjeron danos materiales los cuales fueron menores, pues en el año anterior casi todo se destruyó.
1744, Noviembre 30	La actividad volcánica que se había mantenida baja por un periodo se reanuda y con mucha mayor fuerza, presentándose una de las mayores erupciones registradas. Grandes flujos piroclásticos que funden extensamente el glaciar y produjeron grandes lahares, los cuales fluyeron por los ríos Cutuchi, Pita y Tambuyaco; logrando llegar al Valle de los Chillos y Tumbaco al Norte, a Latacunga y Salcedo en el Oeste y Sur Oeste y hasta el Napo en el Este. La acumulación de ceniza y lapilli a más de 20Km del volcán fue superior a los 12cm. En este evento se registraron un gran número de muertos y lo poco que no se había destruido de erupciones pasadas o se había logrado reconstruir quede totalmente destruido.
1745	Actividad remanente en la que se presentaba emisión de ceniza.
1747 - 1749	Posible actividad de bajo nivel, no existen datos históricos al respecto.
1750, Septiembre	Se relatan fuertes detonaciones del volcán.
1758	Posible fuerte erupción del volcán, pero no se ha logrado confirmar.
1760, Febrero	Existe una confusión respecto a esta fecha, pues se habla de una posible pequeña erupción, pero que pudo tratarse del Antisana y no del Cotopaxi.
1766, Febrero 10	En esta fecha ocurrió una erupción de gran magnitud considerada de mediana a grande. Latacunga se inundó nuevamente con lahares por lo que se asume se produjeron extensos flujos piroclásticos además de lava. Los lahares únicamente se dirigieron hacia Latacunga y Salcedo y produjeron danos materiales.

Fecha	Descripción
1869	Pequeñas explosiones ente los meses de julio y agosto.
1872 - 1875	Periodo de baja actividad volcánica, con esporádicas emisiones de ceniza en pequeñas cantidades acompañado de actividades fumarólicas.
1876, Diciembre	En este año se reanudo la actividad del volcán, la actividad que presento fueron señales de previas a la gran erupción que sucedió el siguiente año. Como actividad el volcán tuvo explosiones pequeñas y emisiones de ceniza en pequeñas magnitudes.
1877, Abril 21	Esta fecha fue la que marcó el inicio del proceso eruptivo del cual quedaron muchos relatos y experiencias. En esta fecha el volcán Cotopaxi aviso su futura erupción con emanaciones de ceniza.
1877, Junio 26	Se dio una fase eruptiva de gran magnitud, la cual según los relatos recopilados destruyo casas, manufacturas y mato muchas personas y ganado. La erupción fue de tal magnitud que deslió la capa de hielo que recubre el mismo y formo lahares que fluyeron por los ríos Cutuchi, Pita y Tamboyacu arrasando todo lo que encontraban a su paso. La presencia de ceniza afecto a Quito, Machachi, Latacunga, Ambato, Guayas, Manabí y Esmeraldas.
1878, Agosto 23	El volcán presenta una pequeña actividad en la cual se registró ceniza, lapilla, flojos piroclásticos y lahares muy pequeños. Después de la actividad del año pasado la gente se conmociono al ver las columnas y nubes de ceniza que emanaba el volcán.
1879, Febrero 29	La actividad que el volcán presento en este ano fue considerada de magnitud moderad, hubo presencia de ceniza, lapilli, bombas, flujos piro clásticos y lava. Las poblaciones ubicadas al oriente del volcán recibieron la caída de ceniza; la actividad alta del volcán para este evento duro 8 días consecutivos.
1880, Julio 03	Pequeña erupción del volcán, con presencia de flujos piroclásticos, lava y una nube de ceniza que se desplazó hacia el occidente.
1882, Febrero-Marzo	En estos meses se registraron pequeñas explosiones del volcán, con emanaciones de ceniza que se dirigieron al occidente.
1883, Agosto	De acuerdo a los registros, hubo explosiones menores, que generaron ceniza, flujos piroclásticos y lava.
1885, Septiembre 23	La actividad registrada para este ano consistió en la presencia de lava, pequeños lahares y columnas de ceniza.
1903, Enero 01	Se presentó una actividad conformada por flujos piroclásticos y lluvia de ceniza por el lado occidental.
1904, Abril	El volcán tiene una actividad menor con presencia de flujos piroclásticos y ceniza.
1905	A la lo largo de este ano la actividad del volcán produjo varias caídas de ceniza
1906	Presento una actividad eruptiva del tipo estromboliana, la cual se caracteriza por tener fuertes explosiones separadas por periodos de calma.
1911, Febrero	A Quito llego una nube de ceniza, proveniente del volcán Cotopaxi por su continua actividad.
1914	El volcán presenta una constante actividad fumarolita en su cráter.
2015, Agosto	El volcán presenta una reactivación después de un largo periodo de calma; presentaba una constante actividad fumarólicas en su cráter, pequeñas emisiones de ceniza y una alta actividad interna.

Fecha	Descripción
1768, Abril 02	Se presentó una gran erupción con lava, flujos piroclásticos y lahares; los lahares fueron de tal magnitud y fuerza que desbordaron los ríos Cutuchi, Pita y Tambuyaco y produjeron inundaciones y fueron arrasando con casas, haciendas, puentes, caminos, cultivos por el Valle de los Chillos, Latacunga y Puerto Napo. En este evento la caída de ceniza y lapilli fue de tal magnitud que en las cercanías del volcán la capa acumulada de ceniza llego a tener un espesor de 1 metro y en Quito 3cm, produciendo la caída de techos y que Latacunga quedara bajo la oscuridad absoluta por 9 horas; la ceniza llego hasta Pasto.
1803, Enero 04	Evento considerado como erupción moderada en la que se produjo lahares pequeños y de poco recorrido que se dirigieron hacia Latacunga y Salcedo; danos materiales pero no se registraron consecuencias importantes.
1832, Julio 14	Explosión de tamaño moderado.
1843	Explosiones y caída de ceniza; las explosiones produjeron lahares considerables que destruyeron el puente que se había construido sobre el rio Cutuchi en Latacunga.
1851, Agosto 21	Explosiones y emisiones de ceniza que se dirigieron hacia el oriente.
1852, Marzo 02	Pequeñas explosiones en el volcán con nubes de ceniza.
1853, Septiembre 13	Erupción de magnitud moderada; se presentó lava, lahares medianos, flujos piroclásticos en el flanco occidental del volcán.
1854, Septiembre 09	Este año el volcán presento una actividad moderada, con etapas eruptivas importantes el 9 y el 12 de septiembre. Se presentaron erupciones pequeñas con la formación de flujos piroclásticos y lahares considerables. Destrucción de casas, sembríos y murió mucho ganado.
1855, Junio 05	En este año se registró actividad importante del volcán hasta principios del mes de Julio. En esta fecha se presentó una erupción de magnitud moderada, presencia de flujos piroclásticos y grandes columnas de ceniza. Los lahares se desplazaron por el rio Cutuchi afectando nuevamente a Latacunga con la destrucción de un puente.
1856, Mayo	En este año la actividad volcánica disminuyo, y se generaron dos erupciones de menor magnitud. En el mes de mayo los flujos piroclásticos bajaron por el flanco oriental del volcán.
1857	La actividad del volcán disminuyo considerablemente, con periodos de calma.
1858, Junio - Diciembre	Se reanuda la actividad del volcán, presentándose explosiones y emisiones de ceniza considerables.
1859	Actividad baja con explosiones pequeñas esporádicas.
1862, Noviembre 01	Explosión fuerte que produjo caída de ceniza en Quito.
1863	Explosión pequeña pero posiblemente hubo la presencia de lava la cual salió del cráter, y por la cual se registraron lahares.
1866, Septiembre 21	Explosiones acompañadas de bramidos fuertes del volcán, con la presencia de lava y caída de piroclásticos.
1868, Agosto 15	Pequeña explosión con nube de ceniza.

Adoptado de: (Peltre, 1989) y de (Andrade, y otros, 2005). Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes

ANEXO 2: Sismos producidos en Ecuador con intensidades mayores o iguales a VIII.

#	Fecha Año/mes/día	Latitud de Epicentro	Longitud de Epicentro	Intensidad	Provincia más afectada
1	1514 04 sin día	0,10	-77,80	VIII	Napo
2	1587 08 31	0,00	78,40	VII	Pichincha
3	1645 03 15	1,68	-78,55	IX	Chimborazo, Tungurahua
4	1674 08 29	1,70	-79,00	IX	Chimborazo, Bolívar
5	1687 11 22	-1,10	-78,25	VIII	Tungurahua
6	1698 06 20	1,45	78,30	X	Tungurahua, Chimborazo
7	1736 12 06	0,78	78,80	VIII	Pichincha, Cotopaxi
8	1749 01 20	4,00	79,20	VIII	Loja
9	1755 04 28	0,21	78,48	VIII	Pichincha
10	1757 02 22	0,93	78,61	IX	Cotopaxi, Tungurahua
11	1786 05 10	1,70	78,80	VIII	Chimborazo
12	1797 02 04	-1,43	-78,55	XI	Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi, Bolívar
13	1834 01 20	1,30	-76,90	XI	Carchi
14	1859 03 22	0,40	78,40	VIII	Pichincha, Imbabura, Cotopaxi
15	1868 08 15	0,60	78,00	VIII	Carchi
16	1868 08 16	0,31	78,18	IX	Imbabura, Carchi, Pichincha
17	1896 05 03	0,51	80,45	IX	Manabí
18	1906 01 31	1,00	81,30	IX	Esmeraldas
19	1911 09 23	1,70	-78,90	VIII	Chimborazo, Bolívar
20	1913 02 23	4,00	79,40	VIII	Loja, Azuay
21	1914 05 31	0,50	78,48	VIII	Pichincha, Cotopaxi
22	1923 02 05	0,50	78.50	VIII	Pichincha

#	Fecha Año/mes/día	Latitud de Epicentro	Longitud de Epicentro	Intensidad	Provincia más afectada
23	1923 12 16	0,90	77,80	VIII	Carchi
24	1926 12 18	0,80	77,90	VIII	Carchi
25	1929 07 25	0,40	78,55	VIII	Pichincha
26	1938 08 10	0,30	78,40	VIII	Pichincha
27	1942 05 14	0,01	-80,12	IX	Manabí, Guayas, Bolívar
28	1949 08 05	1,25	78,37	X	Tungurahua, Chimborazo, Cotopaxi
29	1953 12 12	3,40	80,60	VIII	Loja
30	1955 07 20	0,20	78,40	VIII	Pichincha, Imbabura
31	1958 01 19	1,22	79,37	VIII	Esmeraldas
32	1961 04 08	2,20	-78,90	VIII	Chimborazo
33	1964 05 19	0,84	80,29	VIII	Manabí
34	1970 12 10	-3,79	80,66	IX	Loja, El Oro, Azuay
35	1987 03 06	0,87	-77,14	IX	Napo, Sucumbíos, Imbabura
36	1995 10 02	-2,79	-77,97	VIII	Morona Santiago
37	1998 08 04	-0,55	-80,53	VIII	Manabí
38	2016 04 16	0.37	79.94	IX	Manabí, Esmeraldas

Adaptado de: (Rivadeneira, y otros, 2007). Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

ANEXO 3: Formularios de metodología FEMA P-154

Evaluación Visual Rápida de Edificaciones para Potenciales Peligros Sísmicos **Nivel 1**
Formulario de Recolección de Datos FEMA P-154 **MUY ALTA Sismicidad**

FOTOGRAFÍA

BOSQUEJO

Dirección: _____ **Código Postal:** _____
Otros Identificadores: _____
Nombre de la Edificación: _____
Uso: _____
Latitud: _____ **Longitud:** _____
Ss: _____ **S1:** _____
Evaluadores: **Fecha/Hora:**

No. Pisos: Sobre NPT:_____Bajo NPT:_____ Año de construcción:_____□ EST
Área total en planta: (m2): _____ **Año de código:** _____
Ampliaciones: □ Ninguna □ Si, Año(s) de Construcción: _____
Ocupación: Asamblea Comercial Serv. Emerg. □ Histórica □ Refugio
Industrial Oficinas Educación □ Gubernamental
Serv. Públicos Almacén Residencial, # Unidades: _____
Tipo de Suelo: □ **A** Roca Dura □ **B** Roca Prom. □ **C** Suelo Denso □ **D** Suelo Rígido □ **E** Suelo Suave □ **F** Suelo Pobre **DNK** Asumir Tipo D
Peligros Geológicos: Licuefacción: Si/No/DNK Deslizamiento: Si/No/DNK
Ruptura de falla de superficie: Si/No/DNK
Adyacencia: □ Golpeteo □ Objetos peligrosos al caer de edif. más altos
Irregularidades: □ En elevación (tipo/severidad)_____
□ En planta (tipo) _____
Peligros exteriores: □ Chimeneas no ancladas □ Revestimientos pesados
□ Antepechos □ Anexos constructivos
□ Otros_____

COMENTARIOS:

□ Comentarios o bosquejos adicionales en hoja separada

PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL DEL NIVEL 1, SL1

TIPO DE EDIFICACIÓN FEMA — No se sabe (DNK)	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Puntaje Básico	**2.1**	**1.9**	**1.8**	**1.5**	**1.4**	**1.6**	**1.4**	**1.2**	**1.0**	**1.2**	**0.9**	**1.1**	**1.0**	**1.1**	**1.1**	**0.9**	**1.1**
Irregularidad en Elevación Severa, VL1	-0.9	-0.9	-0.9	-0.8	-0.7	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	NA
Irregularidad en Elevación Moderada, VL1	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	NA
Irregularidad en Planta, PL1	-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.3	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	NA
Pre-Código	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	0.0	0.0
Post Referencia	1.9	1.9	2.0	1.0	1.1	1.1	1.5	NA	1.4	1.7	NA	1.5	1.7	1.6	1.6	NA	0.5
Tipo de Suelo A o B	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1
Tipo de Suelo E (1-3 pisos)	0.0	-0.2	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	0.0	-0.1
Tipo de Suelo E (>3 pisos)	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	NA	-0.3	-0.1	-0.1	-0.3	-0.1	NA	-0.1	-0.2	-0.2	0.0	NA
Puntaje Mínimo, Smín	*0.7*	*0.7*	*0.7*	*0.5*	*0.5*	*0.5*	*0.5*	*0.5*	*0.3*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*0.2*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*1.0*

PUNTAJE FINAL DEL NIVEL 1, SL1 ≥ Smín

EXTENSIÓN DE LA REVISIÓN
Exterior: □ Parcial □ Todos los lados □ Aéreo
Interior: □ Ninguno □ Visible □ Ingreso
Planos Revisados: □ Si □ No
Fuente del Tipo de Suelo:_____
Fuente de los Peligros Geológicos_____
Persona contacto:_____

¿EVALUACIÓN DEL NIVEL 2 REALIZADA?
□ Si, Puntaje Final Nivel 2, SL2_____ □ No
¿Peligros no estructurales? □ Si □ No

OTROS PELIGROS
¿Existen otros peligros que hacen que se requiera una Evaluación Estructural Detallada?
□ Potencial golpeteo, (a menos que SL2 > que el puntaje límite aceptable)
□ Peligro de objetos que puedan caer de edificaciones adyacentes
□ Peligros geológicos o suelo Tipo F
□ Daño/deterioro significativo en el sistema estructural

ACCIÓN REQUERIDA
¿Se requiere de una Evaluación Estructural Detallada?
□ Si, tipo de edificación FEMA desconocida u otro tipo de edificación
□ Si, puntaje menor que el puntaje límite aceptable
□ Si, otros peligros presentes
□ No
¿Se recomienda una Evaluación No Estructural Detallada?(marcar uno)
□ Si, peligros no estructurales identificados que deberían ser evaluados
□ No, existen peligros no estructurales que requieren de mitigación, pero no es necesaria una evaluación detallada
□ No, no se han identificado peligros no estructurales □ DNK

Cualquier información que no pueda ser verificada, el evaluador deberá anotar lo siguiente: ***EST = Estimado o datos no confiables O DNK = No Se Sabe***

Leyenda: MRF= Pórtico resistente a momento BR= Pórtico arriostrado RC= Concreto Reforzado SW= Muro de corte URM INF= Mampostería no reforzada TU= Tilt up(Prefabricados de hormigón) MH= Casa Prefabricada LM= Metal Liviano FD= Diafragma Flexible RD= Diafragma Rígido

Evaluación Visual Rápida de Edificaciones para Potenciales Peligros Sísmicos **Nivel 2 (Opcional)**
Formulario de Recolección de Datos FEMA P-154 **MUY ALTA SISMICIDAD**

La evaluación de Nivel 2 debe ser realizada por un ingeniero civil o estructural, arquitectos o estudiantes graduados que tengan experiencia en la evaluación o diseño sísmico de estructuras.

Nombre de la edificación:	**Puntaje Final Nivel 1:**	SL1=	(no considerar Smín)
Evaluadores:	**Modificadores de Irregularidad Nivel 1:**	Irregularidad en elevación, VL1 =	Irregularidad en planta, PL1 =
Fecha/Hora:	**PUNTAJE AJUSTADO BASE:**	S' = (SL1 - VL1 - PL1) =	

MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA SER CONSIDERADOS EN EL PUNTAJE AJUSTADO BASE

Tema	Enunciado (si es verdadero, encerrar en un círculo el modificador "Si"; caso contrario tachar el modificador.)			Si	Subtotales
Irregularidad en elevación, VL2	Terreno en pendiente	Edificación W1: Existe al menos un piso completo de diferencia de nivel entre un lado de la edificación con respecto al otro.		-0.9	
		Edificación no W1: Existe al menos un piso completo de diferencia entre un lado de la edificación con respecto al otro.		-0.2	
	Piso débil y/o piso blando (encerrar máximo uno)	Edificación W1 con paredes cortas de entramado de madera: es visible una pared corta de entramado de madera no arriostrada en el espacio dejad		-0.5	
		Edificación W1 con espacio ocupado sobre el garaje: Por debajo del piso ocupado, existe un garaje sin un pórtico de acero resistente a momento, y existe menos de 20 cm de pared en la misma línea (para múltiples pisos ocupados por encima del garaje, usar como mínimo 40,6 cm de pared)		-0.9	
		Edificación W1A con abertura frontal: Existen aberturas en la planta baja (como parqueaderos) sobre al menos el 50% de la longitud de la edificación		-0.9	
		Edificación no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menor que el 50% que la del piso superior o la altura de cualquier piso es mayor de 2.0 veces la altura del piso superior.		-0.7	
		Edificación no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso se encuentra entre el 50% y 75 % que la del piso superior o la altura de cualquier piso está entre 1.3 y 2.0 veces la altura del piso superior.		-0.4	
	Discontinuidad	Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están desplazados hacia fuera con aquellos en el piso inferior causando que el diafragma de piso trabaje en voladizo.		-0.7	
		Los elementos verticales del sistema lateral en pisos superiores están desalineados hacia adentro con aquellos en pisos inferiores.		-0.4	
		Existe una discontinuidad en el plano de los elementos laterales que es mayor que la longitud de estos elementos.		-0.2	
	Columnas cortas	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Al menos el 20% de las columnas (o pilares) a lo largo del eje de columna en el sistema lateral tienen relaciones altura/profundidad menores al 50% de la relación nominal altura/profundidad en ese nivel.		-0.4	
		C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: La profundidad de la columna (o ancho de pilares) es menor que la mitad de la profundidad del antepecho, o existen paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan a la columna.		-0.4	
	Nivel desplazado	Existe un nivel desplazado en una de las plantas o en el techo.		-0.4	
	Otra irregularidad	Se observa otra irregularidad severa en elevación que obviamente afecta al desempeño sísmico de la edificación.		-0.7	VL2 = _____
		Se observa otra irregularidad moderada en elevación que pueda afectar al desempeño sísmico de la edificación.		-0.4	(Tope en -0.9)
Irregularidad en planta, PL2	Irregularidad torsional: El sistema lateral no aparece relativamente bien distribuido en planta en cualquier dirección o en ambas direcciones. (No se incluye la abertura frontal de la edificación W1A mencionada anteriormente.)			-0.5	
	Sistemas no paralelos: Existen uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.			-0.2	
	Esquina reentrante: Ambas proyecciones desde una esquina interior superan el 25% de toda la dimensión en planta en esa dirección.			-0.2	
	Abertura de diafragma de piso: Existe una abertura en el diafragma de piso con un ancho mayor al 50% del ancho total del diafragma en ese nivel.			-0.2	
	Discontinuidad fuera del plano en Edificaciones C1, C2: Las vigas exteriores no están alineadas con las columnas en planta.			-0.2	PL2 =_____
	Otra irregularidad: Se observa otra irregularidad en planta que obviamente afecta al desempeño sísmico de la estructura.			-0.5	(Tope en -0.7)
Redundancia	La edificación tiene al menos dos vanos con elementos laterales en cada lado de la edificación en cada dirección.			+0.2	
Golpeteo	La edificación está separada de la estructura adyacente en menos del 1.5% de la altura la edificación más baja y estructura adyacente y:	Los pisos no se alinean verticalmente por más de 61 cm.	El valor límite del modificador por golpeteo es -0.9	-0.7	
		Una edificación es 2 o más pisos más alta que la otra.		-0.7	
		La edificación está al final del bloque de edificaciones.		-0.4	
Edificación S2	Arriostramiento con geometría K.			-0.7	
Edificación C1	Placas planas sirven como vigas en el pórtico resistente a momento.			-0.3	
Edificación PC1/RM1	Existen conexiones entre muros y el techo que son visibles o que se las ha podido apreciar en planos que no tienen tensión perpendicular a las fibras. (No se combina con modificadores de Post-Referencia o Readecuación)			+0.2	
Edificación PC1/RM1	La edificación está estrechamente espaciada, paredes interiores de altura completa (en lugar de un espacio interior con pocas paredes como en un almacén).			+0.2	
URM	Paredes triangulares presentes.			-0.3	
MH	Existencia de un sistema de arriostramiento sísmico adicional, implementado entre la estructura y el suelo			+0.5	
Readecuación	Reforzamiento sísmico integral es visible o se conoce de planos de la edificación.			+1.2	M = _____

PUNTAJE FINAL NIVEL 2, SL2 = (S' + VL2 + PL2 + M) ≥ Smín: (Transferir al formulario del Nivel 1)

Se observa algún daño o deterioro u otra condición que afecta negativamente al desempeño sísmico de la edificación: ☐ Si ☐ No
Si ha marcado "Si", describir la condición en la sección comentarios en la parte inferior e indicar en el formulario del Nivel 1 que una evaluación detallada es requerida independiente del puntaje de la edificación.

PELIGROS NO ESTRUCTURALES EVIDENTES:

Ubicación	Aspecto (Chequear "Si o "No")	Si	No	Comentario
Exterior	Existe un antepecho de mampostería no reforzada no arriostrada o una chimenea de mampostería no reforzada			
	Existen revestimientos pesados			
	Existe una cubierta pesada sobre puertas de salida o pasillos peatonales que parecen estar soportados de manera inadecuada.			
	Existe un anexo de mampostería no reforzada sobre puertas de salida o pasillos peatonales.			
	Existe un letrero colocado en la edificación que indica que hay materiales peligrosos presentes			
	Existe una edificación adyacente más alta con una pared URM no anclada o un antepecho URM no arriostrados o chimenea.			
	Otro peligro exterior observable no estructural que pueda caer.			
Interior	Existen tejas de arcilla o tabiques de ladrillo en gradas o corredores de salida.			
	Otro peligro interior observable no estructural que pueda caer.			

Desempeño Sísmico No Estructural Estimado (Chequear el recuadro apropiado y transferirlo a las conclusiones del formulario del Nivel 1)

☐ Peligros potenciales no estructurales con una amenaza significativa a la seguridad de vida de los ocupantes → Evaluación No Estructural Detallada recomendada

☐ Peligros no estructurales identificados con una amenaza significativa a la seguridad de vida de los ocupantes → Pero no requiere una Evaluación No Estructural Detallada

☐ Peligros no estructurales menores o inexistentes que amenacen a la seguridad de vida de los ocupantes → No se requiere Evaluación No Estructural Detallada

Comentarios:

FOTOGRAFÍA

BOSQUEJO

Dirección: _____
Código Postal: _____
Otros Identificadores: _____
Nombre de la Edificación: _____
Uso: _____
Latitud: _____ **Longitud:** _____
Ss: _____ **S1:** _____
Evaluadores: **Fecha/Hora:**

No. Pisos: Sobre NPT:_____Bajo NPT:_____ Año de construcción:_____□ EST
Área total en planta: (m2): _____ **Año de código:** _____
Ampliaciones: □ Ninguna □ Si, Año(s) de Construcción: _____
Ocupación: Asamblea Comercial Serv. Emerg. □ Histórica □ Refugio
Industrial Oficinas Educación □ Gubernamental
Serv. Públicos Almacén Residencial, # Unidades: _____

Tipo de Suelo:	□ **A**	□ **B**	□ **C**	□ **D**	□ **E**	□ **F**	**DNK**
	Roca Dura	Roca Prom.	Suelo Denso	Suelo Rígido	Suelo Suave	Suelo Pobre	Asumir Tipo D

Peligros Geológicos: Licuefacción: Si/No/DNK Deslizamiento: Si/No/DNK
Ruptura de falla de superficie: Si/No/DNK
Adyacencia: □ Golpeteo □ Objetos peligrosos al caer de edif. más altos
Irregularidades: □ En elevación (tipo/severidad)_____
□ En planta (tipo) _____
Peligros exteriores: □ Chimeneas no ancladas □ Revestimientos pesados
□ Antepechos □ Anexos constructivos
□ Otros_____

COMENTARIOS:

□ Comentarios o bosquejos adicionales en hoja separada

PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL DEL NIVEL 1, SL1

TIPO DE EDIFICACIÓN FEMA **No se sabe (DNK)**	**W1**	**W1A**	**W2**	**S1** (MRF)	**S2** (BR)	**S3** (LM)	**S4** (RC SW)	**S5** (URM INF)	**C1** (MRF)	**C2** (SW)	**C3** (URM INF)	**PC1** (TU)	**PC2**	**RM1** (FD)	**RM2** (RD)	**URM**	**MH**
Puntaje Básico	**3.6**	**3.2**	**2.9**	**2.1**	**2.0**	**2.6**	**2.0**	**1.7**	**1.5**	**2.0**	**1.2**	**1.6**	**1.4**	**1.7**	**1.7**	**1.0**	**1.5**
Irregularidad en Elevación Severa, VL1	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Irregularidad en Elevación Moderada, VL1	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Irregularidad en Planta, PL1	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Código	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Post Referencia	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Tipo de Suelo A o B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Tipo de Suelo E (1-3 pisos)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Tipo de Suelo E (>3 pisos)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA
Puntaje Mínimo, Smín	1.1	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0

PUNTAJE FINAL DEL NIVEL 1, SL1 ≥ Smín

EXTENSIÓN DE LA REVISIÓN
Exterior: □ Parcial □ Todos los lados □ Aéreo
Interior: □ Ninguno □ Visible □ Ingreso
Planos Revisados: □ Si □ No
Fuente del Tipo de Suelo:_____
Fuente de los Peligros Geológicos_____
Persona contacto:_____

¿EVALUACIÓN DEL NIVEL 2 REALIZADA?
□ Si, Puntaje Final Nivel 2, SL2_____ □ No
¿Peligros no estructurales? □ Si □ No

OTROS PELIGROS
¿Existen otros peligros que hacen que se requiera una Evaluación Estructural Detallada?
□ Potencial golpeteo, (a menos que SL2 > que el puntaje límite aceptable)
□ Peligro de objetos que puedan caer de edificaciones adyacentes
□ Peligros geológicos o suelo Tipo F
□ Daño/deterioro significativo en el sistema estructural

ACCIÓN REQUERIDA
¿Se requiere de una Evaluación Estructural Detallada?
□ Si, tipo de edificación FEMA desconocida u otro tipo de edificación
□ Si, puntaje menor que el puntaje límite aceptable
□ Si, otros peligros presentes
□ No
¿Se recomienda una Evaluación No Estructural Detallada?(marcar uno)
□ Si, peligros no estructurales identificados que deberían ser evaluados
□ No, existen peligros no estructurales que requieren de mitigación, pero no es necesaria una evaluación detallada
□ No, no se han identificado peligros no estructurales □ DNK

Cualquier información que no pueda ser verificada, el evaluador deberá anotar lo siguiente: ***EST = Estimado o datos no confiables O DNK = No Se Sabe***

Leyenda: MRF= Pórtico resistente a momento RC= Concreto Reforzado URM INF= Mampostería no reforzada MH= Casa Prefabricada FD= Diafragma Flexible
BR= Pórtico arriostrado SW= Muro de corte TU= Tilt up(Prefabricados de hormigón) LM= Metal Liviano RD= Diafragma Rígido

Evaluación Visual Rápida de Edificaciones para Potenciales Peligros Sísmicos **Nivel 2 (Opcional)**
Formulario de Recolección de Datos FEMA P-154 **ALTA SISMICIDAD**

La evaluación de Nivel 2 debe ser realizada por un ingeniero civil o estructural, arquitectos o estudiantes graduados que tengan experiencia en la evaluación o diseño sísmico de estructuras.

Nombre de la edificación:	**Puntaje Final Nivel 1:**	SL1=	(no considerar Smín)
Evaluadores:	**Modificadores de Irregularidad Nivel 1:**	Irregularidad en elevación, VL1 =	Irregularidad en planta, PL1 =
Fecha/Hora:	**PUNTAJE AJUSTADO BASE:**	S' = (SL1 - VL1 - PL1) =	

MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA SER CONSIDERADOS EN EL PUNTAJE AJUSTADO BASE

Tema	Enunciado (si es verdadero, encerrar en un círculo el modificador "Si"; caso contrario tachar el modificador.)			Si	Subtotales
Irregularidad en elevación, VL2	Terreno en pendiente	Edificación W1: Existe al menos un piso completo de diferencia de nivel entre un lado de la edificación con respecto al otro.		-1.2	
		Edificación no W1: Existe al menos un piso completo de diferencia entre un lado de la edificación con respecto al otro.		-0.3	
	Piso débil y/o piso blando (encerrar máximo uno)	Edificación W1 con paredes cortas de entramado de madera: es visible una pared corta de entramado de madera no arriostrada en el espacio dejad		-0.6	
		Edificación W1 con espacio ocupado sobre el garaje: Por debajo del piso ocupado, existe un garaje sin un pórtico de acero resistente a momento, y existe menos de 20 cm de pared en la misma línea (para múltiples pisos ocupados por encima del garaje, usar como mínimo 40,6 cm de pared)		-1.2	
		Edificación W1A con abertura frontal: Existen aberturas en la planta baja (como parqueaderos) sobre al menos el 50% de la longitud de la edificación		-1.2	
		Edificación no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menor que el 50% que la del piso superior o la altura de cualquier piso es mayor de 2.0 veces la altura del piso superior.		-0.9	
		Edificación no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso se encuentra entre el 50% y 75 % que la del piso superior o la altura de cualquier piso está entre 1.3 y 2.0 veces la altura del piso superior.		-0.5	
	Discontinuidad	Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están desplazados hacia fuera con aquellos en el piso inferior causando que el diafragma de piso trabaje en voladizo.		-1.0	
		Los elementos verticales del sistema lateral en pisos superiores están desalineados hacia adentro con aquellos en pisos inferiores.		-0.5	
		Existe una discontinuidad en el plano de los elementos laterales que es mayor que la longitud de estos elementos.		-0.3	
	Columnas cortas	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Al menos el 20% de las columnas (o pilares) a lo largo del eje de columna en el sistema lateral tienen relaciones altura/profundidad menores al 50% de la relación nominal altura/profundidad en ese nivel.		-0.5	
		C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: La profundidad de la columna (o ancho de pilares) es menor que la mitad de la profundidad del antepecho, o existen paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan a la columna.		-0.5	
	Nivel desplazado	Existe un nivel desplazado en una de las plantas o en el techo.		-0.5	
	Otra irregularidad	Se observa otra irregularidad severa en elevación que obviamente afecta al desempeño sísmico de la edificación.		-1.0	VL2 = _____
		Se observa otra irregularidad moderada en elevación que pueda afectar al desempeño sísmico de la edificación.		-0.5	(Tope en -1.2)
Irregularidad en planta, PL2	Irregularidad torsional: El sistema lateral no aparece relativamente bien distribuido en planta en cualquier dirección o en ambas direcciones. (No se incluye la abertura frontal de la edificación W1A mencionada anteriormente.)			-0.7	
	Sistemas no paralelos: Existen uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.			-0.4	
	Esquina reentrante: Ambas proyecciones desde una esquina interior superan el 25% de toda la dimensión en planta en esa dirección.			-0.4	
	Abertura de diafragma de piso: Existe una abertura en el diafragma de piso con un ancho mayor al 50% del ancho total del diafragma en ese nivel.			-0.2	
	Discontinuidad fuera del plano en Edificaciones C1, C2: Las vigas exteriores no están alineadas con las columnas en planta.			-0.4	PL2 =_____
	Otra irregularidad: Se observa otra irregularidad en planta que obviamente afecta al desempeño sísmico de la estructura.			-0.7	(Tope en -1.1)
Redundancia	La edificación tiene al menos dos vanos con elementos laterales en cada lado de la edificación en cada dirección.			+0.3	
Golpeteo	La edificación está separada de la estructura adyacente en menos del 1.0% de la altura la edificación más baja y estructura adyacente y:	Los pisos no se alinean verticalmente por más de 61 cm.	El valor límite del modificador por golpeteo es -1.2	-1.0	
		Una edificación es 2 o más pisos más alta que la otra.		-1.0	
		La edificación está al final del bloque de edificaciones.		-0.5	
Edificación S2	Arriostramiento con geometría K.			-1.0	
Edificación C1	Placas planas sirven como vigas en el pórtico resistente a momento.			-0.4	
Edificación PC1/RM1	Existen conexiones entre muros y el techo que son visibles o que se las ha podido apreciar en planos que no tienen tensión perpendicular a las fibras. (No se combina con modificadores de Post-Referencia o Readecuación)			+0.3	
Edificación PC1/RM1	La edificación está estrechamente espaciada, paredes interiores de altura completa (en lugar de un espacio interior con pocas paredes como en un almacén).			+0.3	
URM	Paredes triangulares presentes.			-0.4	
MH	Existencia de un sistema de arriostramiento sísmico adicional, implementado entre la estructura y el suelo			+1.2	
Readecuación	Reforzamiento sísmico integral es visible o se conoce de planos de la edificación.			+1.4	M = _____

PUNTAJE FINAL NIVEL 2, SL2 = (S' + VL2 + PL2 + M) ≥ Smín: (Transferir al formulario del Nivel 1)

Se observa algún daño o deterioro u otra condición que afecta negativamente al desempeño sísmico de la edificación: ☐ Si ☐ No
Si ha marcado "Si", describir la condición en la sección comentarios en la parte inferior e indicar en el formulario del Nivel 1 que una evaluación detallada es requerida independiente del puntaje de la edificación.

PELIGROS NO ESTRUCTURALES EVIDENTES:

Ubicación	Aspecto (Chequear "Si o "No")	Si	No	Comentario
Exterior	Existe un antepecho de mampostería no reforzada no arriostrada o una chimenea de mampostería no reforzada			
	Existen revestimientos pesados			
	Existe una cubierta pesada sobre puertas de salida o pasillos peatonales que parecen estar soportados de manera inadecuada.			
	Existe un anexo de mampostería no reforzada sobre puertas de salida o pasillos peatonales.			
	Existe un letrero colocado en la edificación que indica que hay materiales peligrosos presentes			
	Existe una edificación adyacente más alta con una pared URM no anclada o un antepecho URM no arriostrados o chimenea.			
	Otro peligro exterior observable no estructural que pueda caer.			
Interior	Existen tejas de arcilla o tabiques de ladrillo en gradas o corredores de salida.			
	Otro peligro interior observable no estructural que pueda caer.			

Desempeño Sísmico No Estructural Estimado (Chequear el recuadro apropiado y transferirlo a las conclusiones del formulario del Nivel 1)

☐ Peligros potenciales no estructurales con una amenaza significativa a la seguridad de vida de los ocupantes → Evaluación No Estructural Detallada recomendada

☐ Peligros no estructurales identificados con una amenaza significativa a la seguridad de vida de los ocupantes → Pero no requiere una Evaluación No Estructural Detallada

☐ Peligros no estructurales menores o inexistentes que amenacen a la seguridad de vida de los ocupantes → No se requiere Evaluación No Estructural Detallada

Comentarios:

Evaluación Visual Rápida de Edificaciones para Potenciales Peligros Sísmicos **Nivel 1**
Formulario de Recolección de Datos FEMA P-154 **MODERADAMENTE ALTA Sismicidad**

FOTOGRAFÍA

Dirección: _____
Código Postal: _____
Otros Identificadores: _____
Nombre de la Edificación: _____
Uso: _____
Latitud: _____ **Longitud:** _____
Ss: _____ **S1:** _____
Evaluadores: **Fecha/Hora:**

No. Pisos: Sobre NPT:_____Bajo NPT:_____ Año de construcción:_____□ EST
Área total en planta: (m2): _____ **Año de código:** _____
Ampliaciones: □ Ninguna □ Si, Año(s) de Construcción: _____
Ocupación: Asamblea Comercial Serv. Emerg. □ Histórica □ Refugio
Industrial Oficinas Educación □ Gubernamental
Serv. Públicos Almacén Residencial, # Unidades: _____

Tipo de Suelo:	□ **A**	□ **B**	□ **C**	□ **D**	□ **E**	□ **F**	**DNK**
	Roca Dura	Roca Prom.	Suelo Denso	Suelo Rígido	Suelo Suave	Suelo Pobre	Asumir Tipo D

BOSQUEJO

Peligros Geológicos: Licuefacción: Si/No/DNK Deslizamiento: Si/No/DNK
Ruptura de falla de superficie: Si/No/DNK
Adyacencia: □ Golpeteo □ Objetos peligrosos al caer de edif. más altos
Irregularidades: □ En elevación (tipo/severidad)_____
□ En planta (tipo) _____
Peligros exteriores: □ Chimeneas no ancladas □ Revestimientos pesados
□ Antepechos □ Anexos constructivos
□ Otros_____

COMENTARIOS:

□ Comentarios o bosquejos adicionales en hoja separada

PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL DEL NIVEL 1, SL1

TIPO DE EDIFICACIÓN FEMA **No se sabe (DNK)**	**W1**	**W1A**	**W2**	**S1** (MRF)	**S2** (BR)	**S3** (LM)	**S4** (RC SW)	**S5** (URM INF)	**C1** (MRF)	**C2** (SW)	**C3** (URM INF)	**PC1** (TU)	**PC2**	**RM1** (FD)	**RM2** (RD)	**URM**	**MH**
Puntaje Básico	**4.1**	**3.7**	**3.2**	**2.3**	**2.2**	**2.9**	**2.2**	**2.0**	**1.7**	**2.1**	**1.4**	**1.8**	**1.5**	**1.8**	**1.8**	**1.2**	**2.2**
Irregularidad en Elevación Severa, VL1	-1.3	-1.3	-1.3	-1.1	-1.0	-1.2	-1.0	-0.9	-1.0	-1.1	-0.8	-1.0	-0.9	-1.0	-1.0	-0.8	NA
Irregularidad en Elevación Moderada, VL1	-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	-0.6	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	NA
Irregularidad en Planta, PL1	-1.3	-1.2	-1.1	-0.9	-0.8	-1.0	-0.8	-0.7	-0.7	-0.9	-0.6	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.5	NA
Pre-Código	-0.8	-0.9	-0.9	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.4	-0.3	-0.5	-0.5	-0.1	-0.3
Post Referencia	1.5	1.9	2.3	1.4	1.4	1.0	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.1	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Tipo de Suelo A o B	0.3	0.6	0.9	0.6	0.9	0.3	0.9	0.9	0.6	0.8	0.7	0.9	0.7	0.8	0.8	0.6	0.9
Tipo de Suelo E (1-3 pisos)	0.0	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	0.0	-0.4	-0.5	-0.2	-0.2	-0.4	-0.5	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.5
Tipo de Suelo E (>3 pisos)	-0.5	-0.8	-1.2	-0.7	-0.7	NA	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.4	NA	-0.5	-0.6	-0.7	-0.3	NA
Puntaje Mínimo, Smín	*1.6*	*1.2*	*0.8*	*0.5*	*0.5*	*0.9*	*0.5*	*0.5*	*0.3*	*0.3*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*1.4*

PUNTAJE FINAL DEL NIVEL 1, SL1 ≥ Smín

EXTENSIÓN DE LA REVISIÓN
Exterior: □ Parcial □ Todos los lados □ Aéreo
Interior: □ Ninguno □ Visible □ Ingreso
Planos Revisados: □ Si □ No
Fuente del Tipo de Suelo:_____
Fuente de los Peligros Geológicos_____
Persona contacto:_____

¿EVALUACIÓN DEL NIVEL 2 REALIZADA?
□ Si, Puntaje Final Nivel 2, SL2_____ □ No
¿Peligros no estructurales? □ Si □ No

OTROS PELIGROS
¿Existen otros peligros que hacen que se requiera una Evaluación Estructural Detallada?
□ Potencial golpeteo, (a menos que SL2 > que el puntaje límite aceptable)
□ Peligro de objetos que puedan caer de edificaciones adyacentes
□ Peligros geológicos o suelo Tipo F
□ Daño/deterioro significativo en el sistema estructural

ACCIÓN REQUERIDA
¿Se requiere de una Evaluación Estructural Detallada?
□ Si, tipo de edificación FEMA desconocida u otro tipo de edificación
□ Si, puntaje menor que el puntaje límite aceptable
□ Si, otros peligros presentes
□ No
¿Se recomienda una Evaluación No Estructural Detallada?(marcar uno)
□ Si, peligros no estructurales identificados que deberían ser evaluados
□ No, existen peligros no estructurales que requieren de mitigación, pero no es necesaria una evaluación detallada
□ No, no se han identificado peligros no estructurales □ DNK

Cualquier información que no pueda ser verificada, el evaluador deberá anotar lo siguiente: ***EST = Estimado o datos no confiables O DNK = No Se Sabe***

Leyenda: MRF= Pórtico resistente a momento RC= Concreto Reforzado URM INF= Mampostería no reforzada MH= Casa Prefabricada FD= Diafragma Flexible
BR= Pórtico arriostrado SW= Muro de corte TU= Tilt up(Prefabricados de hormigón) LM= Metal Liviano RD= Diafragma Rígido

Evaluación Visual Rápida de Edificaciones para Potenciales Peligros Sísmicos **Nivel 2 (Opcional)**
Formulario de Recolección de Datos FEMA P-154 **MODERADAMENTE ALTA SISMICIDAD**

La evaluación de Nivel 2 debe ser realizada por un ingeniero civil o estructural, arquitectos o estudiantes graduados que tengan experiencia en la evaluación o diseño sísmico de estructuras.

Nombre de la edificación:	**Puntaje Final Nivel 1:**	SL1=	(no considerar Smín)
Evaluadores:	**Modificadores de Irregularidad Nivel 1:**	Irregularidad en elevación, VL1 =	Irregularidad en planta, PL1 =
Fecha/Hora:	**PUNTAJE AJUSTADO BASE:**	S' = (SL1 - VL1 - PL1) =	

MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA SER CONSIDERADOS EN EL PUNTAJE AJUSTADO BASE

Tema	Enunciado (si es verdadero, encerrar en un círculo el modificador "Si"; caso contrario tachar el modificador.)			Si	Subtotales
Irregularidad en elevación, VL2	Terreno en pendiente	Edificación W1: Existe al menos un piso completo de diferencia de nivel entre un lado de la edificación con respecto al otro.		-1.3	
		Edificación no W1: Existe al menos un piso completo de diferencia entre un lado de la edificación con respecto al otro.		-0.3	
	Piso débil y/o piso blando (encerrar máximo uno)	Edificación W1 con paredes cortas de entramado de madera: es visible una pared corta de entramado de madera no arriostrada en el espacio dejad		-0.6	
		Edificación W1 con espacio ocupado sobre el garaje: Por debajo del piso ocupado, existe un garaje sin un pórtico de acero resistente a momento, y existe menos de 20 cm de pared en la misma línea (para múltiples pisos ocupados por encima del garaje, usar como mínimo 40,6 cm de pared)		-1.3	
		Edificación W1A con abertura frontal: Existen aberturas en la planta baja (como parqueaderos) sobre al menos el 50% de la longitud de la edificación		-1.3	
		Edificación no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menor que el 50% que la del piso superior o la altura de cualquier piso es mayor de 2.0 veces la altura del piso superior.		-1.0	
		Edificación no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso se encuentra entre el 50% y 75 % que la del piso superior o la altura de cualquier piso está entre 1.3 y 2.0 veces la altura del piso superior.		-0.5	
	Discontinuidad	Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están desplazados hacia fuera con aquellos en el piso inferior causando que el diafragma de piso trabaje en voladizo.		-1.0	
		Los elementos verticales del sistema lateral en pisos superiores están desalineados hacia adentro con aquellos en pisos inferiores.		-0.5	
		Existe una discontinuidad en el plano de los elementos laterales que es mayor que la longitud de estos elementos.		-0.3	
	Columnas cortas	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Al menos el 20% de las columnas (o pilares) a lo largo del eje de columna en el sistema lateral tienen relaciones altura/profundidad menores al 50% de la relación nominal altura/profundidad en ese nivel.		-0.5	
		C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: La profundidad de la columna (o ancho de pilares) es menor que la mitad de la profundidad del antepecho, o existen paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan a la columna.		-0.5	
	Nivel desplazado	Existe un nivel desplazado en una de las plantas o en el techo.		-0.5	
	Otra irregularidad	Se observa otra irregularidad severa en elevación que obviamente afecta al desempeño sísmico de la edificación.		-1.0	VL2 = _____
		Se observa otra irregularidad moderada en elevación que pueda afectar al desempeño sísmico de la edificación.		-0.5	(Tope en -1.3)
Irregularidad en planta, PL2	Irregularidad torsional: El sistema lateral no aparece relativamente bien distribuido en planta en cualquier dirección o en ambas direcciones. (No se incluye la abertura frontal de la edificación W1A mencionada anteriormente.)			-0.8	
	Sistemas no paralelos: Existen uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.			-0.4	
	Esquina reentrante: Ambas proyecciones desde una esquina interior superan el 25% de toda la dimensión en planta en esa dirección.			-0.4	
	Abertura de diafragma de piso: Existe una abertura en el diafragma de piso con un ancho mayor al 50% del ancho total del diafragma en ese nivel.			-0.3	
	Discontinuidad fuera del plano en Edificaciones C1, C2: Las vigas exteriores no están alineadas con las columnas en planta.			-0.4	PL2 =_____
	Otra irregularidad: Se observa otra irregularidad en planta que obviamente afecta al desempeño sísmico de la estructura.			-0.8	(Tope en -1.3)
Redundancia	La edificación tiene al menos dos vanos con elementos laterales en cada lado de la edificación en cada dirección.			+0.3	
Golpeteo	La edificación está separada de la estructura adyacente en menos del 0.5% de la altura la edificación más baja y estructura adyacente y:	Los pisos no se alinean verticalmente por más de 61 cm.	El valor límite del modificador por golpeteo es -1.3	-1.0	
		Una edificación es 2 o más pisos más alta que la otra.		-1.0	
		La edificación está al final del bloque de edificaciones.		-0.5	
Edificación S2	Arriostramiento con geometría K.			-1.0	
Edificación C1	Placas planas sirven como vigas en el pórtico resistente a momento.			-0.5	
Edificación PC1/RM1	Existen conexiones entre muros y el techo que son visibles o que se las ha podido apreciar en planos que no tienen tensión perpendicular a las fibras. (No se combina con modificadores de Post-Referencia o Readecuación)			+0.3	
Edificación PC1/RM1	La edificación está estrechamente espaciada, paredes interiores de altura completa (en lugar de un espacio interior con pocas paredes como en un almacén).			+0.3	
URM	Paredes triangulares presentes.			-0.4	
MH	Existencia de un sistema de arriostramiento sísmico adicional, implementado entre la estructura y el suelo			+1.2	
Readecuación	Reforzamiento sísmico integral es visible o se conoce de planos de la edificación.			+1.4	M = _____

PUNTAJE FINAL NIVEL 2, SL2 = (S' + VL2 + PL2 + M) ≥ Smín: (Transferir al formulario del Nivel 1)

Se observa algún daño o deterioro u otra condición que afecta negativamente al desempeño sísmico de la edificación: ☐ Si ☐ No
Si ha marcado "Si", describir la condición en la sección comentarios en la parte inferior e indicar en el formulario del Nivel 1 que una evaluación detallada es requerida independiente del puntaje de la edificación.

PELIGROS NO ESTRUCTURALES EVIDENTES:

Ubicación	Aspecto (Chequear "Si o "No")	Si	No	Comentario
Exterior	Existe un antepecho de mampostería no reforzada no arriostrada o una chimenea de mampostería no reforzada			
	Existen revestimientos pesados			
	Existe una cubierta pesada sobre puertas de salida o pasillos peatonales que parecen estar soportados de manera inadecuada.			
	Existe un anexo de mampostería no reforzada sobre puertas de salida o pasillos peatonales.			
	Existe un letrero colocado en la edificación que indica que hay materiales peligrosos presentes			
	Existe una edificación adyacente más alta con una pared URM no anclada o un antepecho URM no arriostrados o chimenea.			
	Otro peligro exterior observable no estructural que pueda caer.			
Interior	Existen tejas de arcilla o tabiques de ladrillo en gradas o corredores de salida.			
	Otro peligro interior observable no estructural que pueda caer.			

Desempeño Sísmico No Estructural Estimado (Chequear el recuadro apropiado y transferirlo a las conclusiones del formulario del Nivel 1)

☐ Peligros potenciales no estructurales con una amenaza significativa a la seguridad de vida de los ocupantes → Evaluación No Estructural Detallada recomendada

☐ Peligros no estructurales identificados con una amenaza significativa a la seguridad de vida de los ocupantes → Pero no requiere una Evaluación No Estructural Detallada

☐ Peligros no estructurales menores o inexistentes que amenacen a la seguridad de vida de los ocupantes → No se requiere Evaluación No Estructural Detallada

Comentarios:

Evaluación Visual Rápida de Edificaciones para Potenciales Peligros Sísmicos **Nivel 1**
Formulario de Recolección de Datos FEMA P-154 **MODERADA Sismicidad**

FOTOGRAFÍA

BOSQUEJO

Dirección: _____
Código Postal: _____
Otros Identificadores: _____
Nombre de la Edificación: _____
Uso: _____
Latitud: _____ **Longitud:** _____
Ss: _____ **S1:** _____
Evaluadores: **Fecha/Hora:**

No. Pisos: Sobre NPT:_____Bajo NPT:_____ Año de construcción:_____□ EST
Área total en planta: (m2): _____ **Año de código:** _____
Ampliaciones: □ Ninguna □ Si, Año(s) de Construcción: _____

Ocupación: Asamblea Comercial Serv. Emerg. □ Histórica □ Refugio
Industrial Oficinas Educación □ Gubernamental
Serv. Públicos Almacén Residencial, # Unidades: _____

Tipo de Suelo:	□ **A**	□ **B**	□ **C**	□ **D**	□ **E**	□ **F**	**DNK**
	Roca Dura	Roca Prom.	Suelo Denso	Suelo Rígido	Suelo Suave	Suelo Pobre	Asumir Tipo D

Peligros Geológicos: Licuefacción: Si/No/DNK Deslizamiento: Si/No/DNK
Ruptura de falla de superficie: Si/No/DNK
Adyacencia: □ Golpeteo □ Objetos peligrosos al caer de edif. más altos
Irregularidades: □ En elevación (tipo/severidad)_____
□ En planta (tipo) _____
Peligros exteriores: □ Chimeneas no ancladas □ Revestimientos pesados
□ Antepechos □ Anexos constructivos
□ Otros_____

COMENTARIOS:

□ Comentarios o bosquejos adicionales en hoja separada

PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL DEL NIVEL 1, SL1

TIPO DE EDIFICACIÓN FEMA **No se sabe (DNK)**	**W1**	**W1A**	**W2**	**S1** (MRF)	**S2** (BR)	**S3** (LM)	**S4** (RC SW)	**S5** (URM INF)	**C1** (MRF)	**C2** (SW)	**C3** (URM INF)	**PC1** (TU)	**PC2**	**RM1** (FD)	**RM2** (RD)	**URM**	**MH**
Puntaje Básico	**5.1**	**4.5**	**3.8**	**2.7**	**2.6**	**3.5**	**2.5**	**2.7**	**2.1**	**2.5**	**2.0**	**2.1**	**1.9**	**2.1**	**2.1**	**1.7**	**2.9**
Irregularidad en Elevación Severa, VL1	-1.4	-1.4	-1.4	-1.2	-1.2	-1.4	-1.1	-1.2	-1.1	-1.2	-1.0	-1.1	-1.0	-1.1	-1.1	-1.0	NA
Irregularidad en Elevación Moderada, VL1	-0.9	-0.9	-0.9	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6	NA
Irregularidad en Planta, PL1	-1.4	-1.3	-1.2	-1.0	-0.9	-1.2	-0.9	-0.9	-0.8	-1.0	-0.8	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	NA
Pre-Código	-0.3	-0.5	-0.6	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.5
Post Referencia	1.4	2.0	2.5	1.5	1.5	0.8	2.1	NA	2.0	2.3	NA	2.1	2.5	2.3	2.3	NA	1.2
Tipo de Suelo A o B	0.7	1.2	1.8	1.1	1.4	0.6	1.5	1.6	1.1	1.5	1.3	1.6	1.3	1.4	1.4	1.3	1.6
Tipo de Suelo E (1-3 pisos)	-1.2	-1.3	-1.4	-0.9	-0.9	-1.0	-0.9	-0.9	-0.7	-1.0	-0.7	-0.8	-0.7	-0.8	-0.8	-0.6	-0.9
Tipo de Suelo E (>3 pisos)	-1.8	-1.6	-1.3	-0.9	-0.9	NA	-0.9	-1.0	-0.8	-1.0	-0.8	NA	-0.7	-0.7	-0.8	-0.6	NA
Puntaje Mínimo, Smín	*1.6*	*1.2*	*0.9*	*0.6*	*0.6*	*0.8*	*0.6*	*0.6*	*0.3*	*0.3*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*0.3*	*0.3*	*0.2*	*1.5*

PUNTAJE FINAL DEL NIVEL 1, SL1 ≥ Smín

EXTENSIÓN DE LA REVISIÓN
Exterior: □ Parcial □ Todos los lados □ Aéreo
Interior: □ Ninguno □ Visible □ Ingreso
Planos Revisados: □ Si □ No
Fuente del Tipo de Suelo:_____
Fuente de los Peligros Geológicos_____
Persona contacto:_____

¿EVALUACIÓN DEL NIVEL 2 REALIZADA?
□ Si, Puntaje Final Nivel 2, SL2_____ □ No
¿Peligros no estructurales? □ Si □ No

OTROS PELIGROS
¿Existen otros peligros que hacen que se requiera una Evaluación Estructural Detallada?
□ Potencial golpeteo, (a menos que SL2 > que el puntaje límite aceptable)
□ Peligro de objetos que puedan caer de edificaciones adyacentes
□ Peligros geológicos o suelo Tipo F
□ Daño/deterioro significativo en el sistema estructural

ACCIÓN REQUERIDA
¿Se requiere de una Evaluación Estructural Detallada?
□ Si, tipo de edificación FEMA desconocida u otro tipo de edificación
□ Si, puntaje menor que el puntaje límite aceptable
□ Si, otros peligros presentes
□ No
¿Se recomienda una Evaluación No Estructural Detallada?(marcar uno)
□ Si, peligros no estructurales identificados que deberían ser evaluados
□ No, existen peligros no estructurales que requieren de mitigación, pero no es necesaria una evaluación detallada
□ No, no se han identificado peligros no estructurales □ DNK

Cualquier información que no pueda ser verificada, el evaluador deberá anotar lo siguiente: ***EST = Estimado o datos no confiables O DNK = No Se Sabe***

Leyenda: MRF= Pórtico resistente a momento RC= Concreto Reforzado URM INF= Mampostería no reforzada MH= Casa Prefabricada FD= Diafragma Flexible
BR= Pórtico arriostrado SW= Muro de corte TU= Tilt up(Prefabricados de hormigón) LM= Metal Liviano RD= Diafragma Rígido

Evaluación Visual Rápida de Edificaciones para Potenciales Peligros Sísmicos **Nivel 2 (Opcional)**
Formulario de Recolección de Datos FEMA P-154 **MODERADA SISMICIDAD**

La evaluación de Nivel 2 debe ser realizada por un ingeniero civil o estructural, arquitectos o estudiantes graduados que tengan experiencia en la evaluación o diseño sísmico de estructuras.

Nombre de la edificación:	**Puntaje Final Nivel 1:**	SL1=	(no considerar Smín)
Evaluadores:	**Modificadores de Irregularidad Nivel 1:**	Irregularidad en elevación, VL1 =	Irregularidad en planta, PL1 =
Fecha/Hora:	**PUNTAJE AJUSTADO BASE:**	S' = (SL1 - VL1 - PL1) =	

MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA SER CONSIDERADOS EN EL PUNTAJE AJUSTADO BASE

Tema		**Enunciado** (si es verdadero, encerrar en un círculo el modificador "Si"; caso contrario tachar el modificador.)			**Si**	**Subtotales**
Irregularidad en elevación, VL2	Terreno en pendiente	Edificación W1: Existe al menos un piso completo de diferencia de nivel entre un lado de la edificación con respecto al otro.			-1.4	
		Edificación no W1: Existe al menos un piso completo de diferencia entre un lado de la edificación con respecto al otro.			-0.4	
	Piso débil y/o piso blando (encerrar máximo uno)	Edificación W1 con paredes cortas de entramado de madera: es visible una pared corta de entramado de madera no arriostrada en el espacio dejad			-0.7	
		Edificación W1 con espacio ocupado sobre el garaje: Por debajo del piso ocupado, existe un garaje sin un pórtico de acero resistente a momento, y existe menos de 20 cm de pared en la misma línea (para múltiples pisos ocupados por encima del garaje, usar como mínimo 40,6 cm de pared)			-1.4	
		Edificación W1A con abertura frontal: Existen aberturas en la planta baja (como parqueaderos) sobre al menos el 50% de la longitud de la edificación			-1.4	
		Edificación no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menor que el 50% que la del piso superior o la altura de cualquier piso es mayor de 2.0 veces la altura del piso superior.			-1.1	
		Edificación no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso se encuentra entre el 50% y 75 % que la del piso superior o la altura de cualquier piso está entre 1.3 y 2.0 veces la altura del piso superior.			-0.6	
	Discontinuidad	Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están desplazados hacia fuera con aquellos en el piso inferior causando que el diafragma de piso trabaje en voladizo.			-1.2	
		Los elementos verticales del sistema lateral en pisos superiores están desalineados hacia adentro con aquellos en pisos inferiores.			-0.6	
		Existe una discontinuidad en el plano de los elementos laterales que es mayor que la longitud de estos elementos.			-0.4	
	Columnas cortas	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Al menos el 20% de las columnas (o pilares) a lo largo del eje de columna en el sistema lateral tienen relaciones altura/profundidad menores al 50% de la relación nominal altura/profundidad en ese nivel.			-0.5	
		C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: La profundidad de la columna (o ancho de pilares) es menor que la mitad de la profundidad del antepecho, o existen paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan a la columna.			-0.5	
	Nivel desplazado	Existe un nivel desplazado en una de las plantas o en el techo.			-0.6	
	Otra irregularidad	Se observa otra irregularidad severa en elevación que obviamente afecta al desempeño sísmico de la edificación.			-1.2	VL2 = _____
		Se observa otra irregularidad moderada en elevación que pueda afectar al desempeño sísmico de la edificación.			-0.6	(Tope en -1.4)
Irregularidad en planta, PL2	Irregularidad torsional: El sistema lateral no aparece relativamente bien distribuido en planta en cualquier dirección o en ambas direcciones. (No se incluye la abertura frontal de la edificación W1A mencionada anteriormente.)				-1.0	
	Sistemas no paralelos: Existen uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.				-0.5	
	Esquina reentrante: Ambas proyecciones desde una esquina interior superan el 25% de toda la dimensión en planta en esa dirección.				-0.5	
	Abertura de diafragma de piso: Existe una abertura en el diafragma de piso con un ancho mayor al 50% del ancho total del diafragma en ese nivel.				-0.3	
	Discontinuidad fuera del plano en Edificaciones C1, C2: Las vigas exteriores no están alineadas con las columnas en planta.				-0.4	PL2 =_____
	Otra irregularidad: Se observa otra irregularidad en planta que obviamente afecta al desempeño sísmico de la estructura.				-1.0	(Tope en -1.4)
Redundancia	La edificación tiene al menos dos vanos con elementos laterales en cada lado de la edificación en cada dirección.				+0.4	
Golpeteo	La edificación está separada de la estructura adyacente en menos del 0.25% de la altura la edificación más baja y estructura adyacente y:	Los pisos no se alinean verticalmente por más de 61 cm.		El valor límite del modificador por golpeteo es -1.4	-1.2	
		Una edificación es 2 o más pisos más alta que la otra.			-1.2	
		La edificación está al final del bloque de edificaciones.			-0.6	
Edificación S2	Arriostramiento con geometría K.				-1.2	
Edificación C1	Placas planas sirven como vigas en el pórtico resistente a momento.				-0.5	
Edificación PC1/RM1	Existen conexiones entre muros y el techo que son visibles o que se las ha podido apreciar en planos que no tienen tensión perpendicular a las fibras. (No se combina con modificadores de Post-Referencia o Readecuación)				+0.4	
Edificación PC1/RM1	La edificación está estrechamente espaciada, paredes interiores de altura completa (en lugar de un espacio interior con pocas paredes como en un almacén).				+0.4	
URM	Paredes triangulares presentes.				-0.5	
MH	Existencia de un sistema de arriostramiento sísmico adicional, implementado entre la estructura y el suelo				+1.2	
Readecuación	Reforzamiento sísmico integral es visible o se conoce de planos de la edificación.				+1.4	M = _____

PUNTAJE FINAL NIVEL 2, SL2 = (S' + VL2 + PL2 + M) ≥ Smín: (Transferir al formulario del Nivel 1)

Se observa algún daño o deterioro u otra condición que afecta negativamente al desempeño sísmico de la edificación: ☐ Si ☐ No
Si ha marcado "Si", describir la condición en la sección comentarios en la parte inferior e indicar en el formulario del Nivel 1 que una evaluación detallada es requerida independiente del puntaje de la edificación.

PELIGROS NO ESTRUCTURALES EVIDENTES:

Ubicación	**Aspecto** (Chequear "Si o "No")	**Si**	**No**	**Comentario**
Exterior	Existe un antepecho de mampostería no reforzada no arriostrada o una chimenea de mampostería no reforzada			
	Existen revestimientos pesados			
	Existe una cubierta pesada sobre puertas de salida o pasillos peatonales que parecen estar soportados de manera inadecuada.			
	Existe un anexo de mampostería no reforzada sobre puertas de salida o pasillos peatonales.			
	Existe un letrero colocado en la edificación que indica que hay materiales peligrosos presentes			
	Existe una edificación adyacente más alta con una pared URM no anclada o un antepecho URM no arriostrados o chimenea.			
	Otro peligro exterior observable no estructural que pueda caer.			
Interior	Existen tejas de arcilla o tabiques de ladrillo en gradas o corredores de salida.			
	Otro peligro interior observable no estructural que pueda caer.			

Desempeño Sísmico No Estructural Estimado (Chequear el recuadro apropiado y transferirlo a las conclusiones del formulario del Nivel 1)

☐ Peligros potenciales no estructurales con una amenaza significativa a la seguridad de vida de los ocupantes → Evaluación No Estructural Detallada recomendada

☐ Peligros no estructurales identificados con una amenaza significativa a la seguridad de vida de los ocupantes → Pero no requiere una Evaluación No Estructural Detallada

☐ Peligros no estructurales menores o inexistentes que amenacen a la seguridad de vida de los ocupantes → No se requiere Evaluación No Estructural Detallada

Comentarios:

Evaluación Visual Rápida de Edificaciones para Potenciales Peligros Sísmicos **Nivel 1**
Formulario de Recolección de Datos FEMA P-154 **BAJA Sismicidad**

FOTOGRAFÍA

BOSQUEJO

Dirección: _____
Código Postal: _____
Otros Identificadores: _____
Nombre de la Edificación: _____
Uso: _____
Latitud: _____ **Longitud:** _____
Ss: _____ **S1:** _____
Evaluadores: **Fecha/Hora:**

No. Pisos: Sobre NPT:_____Bajo NPT:_____ Año de construcción:_____□ EST
Área total en planta: (m2): _____ **Año de código:** _____
Ampliaciones: □ Ninguna □ Si, Año(s) de Construcción: _____
Ocupación: Asamblea Comercial Serv. Emerg. □ Histórica □ Refugio
Industrial Oficinas Educación □ Gubernamental
Serv. Públicos Almacén Residencial, # Unidades: _____

Tipo de Suelo:	□ **A**	□ **B**	□ **C**	□ **D**	□ **E**	□ **F**	**DNK**
	Roca Dura	Roca Prom.	Suelo Denso	Suelo Rígido	Suelo Suave	Suelo Pobre	Asumir Tipo D

Peligros Geológicos: Licuefacción: Si/No/DNK Deslizamiento: Si/No/DNK
Ruptura de falla de superficie: Si/No/DNK
Adyacencia: □ Golpeteo □ Objetos peligrosos al caer de edif. más altos
Irregularidades: □ En elevación (tipo/severidad)_____
□ En planta (tipo) _____
Peligros exteriores: □ Chimeneas no ancladas □ Revestimientos pesados
□ Antepechos □ Anexos constructivos
□ Otros_____

COMENTARIOS:

□ Comentarios o bosquejos adicionales en hoja separada

PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL DEL NIVEL 1, SL1

TIPO DE EDIFICACIÓN FEMA **No se sabe (DNK)**	**W1**	**W1A**	**W2**	**S1** (MRF)	**S2** (BR)	**S3** (LM)	**S4** (RC SW)	**S5** (URM INF)	**C1** (MRF)	**C2** (SW)	**C3** (URM INF)	**PC1** (TU)	**PC2**	**RM1** (FD)	**RM2** (RD)	**URM**	**MH**
Puntaje Básico	**6.2**	**5.9**	**5.7**	**3.8**	**3.9**	**4.4**	**4.1**	**4.5**	**3.3**	**4.2**	**3.5**	**3.8**	**3.3**	**3.7**	**3.7**	**3.2**	**4.6**
Irregularidad en Elevación Severa, VL1	-1.5	-1.5	-1.5	-1.4	-1.3	-1.6	-1.2	-1.3	-1.3	-1.2	-1.1	-1.3	-1.1	-1.1	-1.1	-1.2	NA
Irregularidad en Elevación Moderada, VL1	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.8	-1.0	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.7	NA
Irregularidad en Planta, PL1	-1.6	-1.4	-1.3	-1.2	-1.1	-1.4	-1.0	-1.1	-1.0	-1.0	-0.9	-1.2	-0.9	-0.9	-0.9	-1.0	NA
Pre-Código	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Post Referencia	2.2	2.4	2.5	2.0	1.6	1.4	2.1	NA	2.3	2.2	NA	1.9	2.6	2.3	2.3	NA	1.8
Tipo de Suelo A o B	0.9	1.1	1.3	1.0	1.2	0.8	1.3	1.4	0.9	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.3	0.9
Tipo de Suelo E (1-3 pisos)	-1.2	-1.7	-2.3	-1.2	-1.4	-1.0	-1.7	-2.0	-1.4	-2.0	-1.6	-1.7	-1.6	-1.7	-1.7	-1.5	-2.1
Tipo de Suelo E (>3 pisos)	-1.7	-2.0	-2.2	-1.2	-1.4	NA	-1.7	-1.9	-1.3	-1.9	-1.6	NA	-1.6	-1.6	-1.7	-1.4	NA
Puntaje Mínimo, Smín	*2.7*	*2.1*	*1.5*	*0.9*	*0.8*	*1.2*	*0.8*	*0.9*	*0.5*	*0.6*	*0.5*	*0.6*	*0.4*	*0.6*	*0.5*	*0.4*	*2.5*

PUNTAJE FINAL DEL NIVEL 1, SL1 ≥ Smín

EXTENSIÓN DE LA REVISIÓN
Exterior: □ Parcial □ Todos los lados □ Aéreo
Interior: □ Ninguno □ Visible □ Ingreso
Planos Revisados: □ Si □ No
Fuente del Tipo de Suelo:_____
Fuente de los Peligros Geológicos_____
Persona contacto:_____

¿EVALUACIÓN DEL NIVEL 2 REALIZADA?
□ Si, Puntaje Final Nivel 2, SL2_____ □ No
¿Peligros no estructurales? □ Si □ No

OTROS PELIGROS
¿Existen otros peligros que hacen que se requiera una Evaluación Estructural Detallada?
□ Potencial golpeteo, (a menos que SL2 > que el puntaje límite aceptable)
□ Peligro de objetos que puedan caer de edificaciones adyacentes
□ Peligros geológicos o suelo Tipo F
□ Daño/deterioro significativo en el sistema estructural

ACCIÓN REQUERIDA
¿Se requiere de una Evaluación Estructural Detallada?
□ Si, tipo de edificación FEMA desconocida u otro tipo de edificación
□ Si, puntaje menor que el puntaje límite aceptable
□ Si, otros peligros presentes
□ No
¿Se recomienda una Evaluación No Estructural Detallada?(marcar uno)
□ Si, peligros no estructurales identificados que deberían ser evaluados
□ No, existen peligros no estructurales que requieren de mitigación, pero no es necesaria una evaluación detallada
□ No, no se han identificado peligros no estructurales □ DNK

Cualquier información que no pueda ser verificada, el evaluador deberá anotar lo siguiente: ***EST = Estimado o datos no confiables O DNK = No Se Sabe***

Leyenda: MRF= Pórtico resistente a momento RC= Concreto Reforzado URM INF= Mampostería no reforzada MH= Casa Prefabricada FD= Diafragma Flexible
BR= Pórtico arriostrado SW= Muro de corte TU= Tilt up(Prefabricados de hormigón) LM= Metal Liviano RD= Diafragma Rígido

Evaluación Visual Rápida de Edificaciones para Potenciales Peligros Sísmicos **Nivel 2 (Opcional)**
Formulario de Recolección de Datos FEMA P-154 **BAJA SISMICIDAD**

La evaluación de Nivel 2 debe ser realizada por un ingeniero civil o estructural, arquitectos o estudiantes graduados que tengan experiencia en la evaluación o diseño sísmico de estructuras.

Nombre de la edificación:	**Puntaje Final Nivel 1:**	SL1=	(no considerar Smín)
Evaluadores:	**Modificadores de Irregularidad Nivel 1:**	Irregularidad en elevación, VL1 =	Irregularidad en planta, PL1 =
Fecha/Hora:	**PUNTAJE AJUSTADO BASE:**	S' = (SL1 - VL1 - PL1) =	

MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA SER CONSIDERADOS EN EL PUNTAJE AJUSTADO BASE

Tema	Enunciado (si es verdadero, encerrar en un círculo el modificador "Si"; caso contrario tachar el modificador.)			Si	Subtotales
Irregularidad en elevación, VL2	Terreno en pendiente	Edificación W1: Existe al menos un piso completo de diferencia de nivel entre un lado de la edificación con respecto al otro.		-1.5	
		Edificación no W1: Existe al menos un piso completo de diferencia entre un lado de la edificación con respecto al otro.		-0.4	
	Piso débil y/o piso blando (encerrar máximo uno)	Edificación W1 con paredes cortas de entramado de madera: es visible una pared corta de entramado de madera no arriostrada en el espacio dejad		-0.7	
		Edificación W1 con espacio ocupado sobre el garaje: Por debajo del piso ocupado, existe un garaje sin un pórtico de acero resistente a momento, y existe menos de 20 cm de pared en la misma línea (para múltiples pisos ocupados por encima del garaje, usar como mínimo 40,6 cm de pared)		-1.5	
		Edificación W1A con abertura frontal: Existen aberturas en la planta baja (como parqueaderos) sobre al menos el 50% de la longitud de la edificación		-1.5	
		Edificación no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menor que el 50% que la del piso superior o la altura de cualquier piso es mayor de 2.0 veces la altura del piso superior.		-1.3	
		Edificación no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso se encuentra entre el 50% y 75 % que la del piso superior o la altura de cualquier piso está entre 1.3 y 2.0 veces la altura del piso superior.		-0.6	
	Discontinuidad	Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están desplazados hacia fuera con aquellos en el piso inferior causando que el diafragma de piso trabaje en voladizo.		-1.3	
		Los elementos verticales del sistema lateral en pisos superiores están desalineados hacia adentro con aquellos en pisos inferiores.		-0.6	
		Existe una discontinuidad en el plano de los elementos laterales que es mayor que la longitud de estos elementos.		-0.4	
	Columnas cortas	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Al menos el 20% de las columnas (o pilares) a lo largo del eje de columna en el sistema lateral tienen relaciones altura/profundidad menores al 50% de la relación nominal altura/profundidad en ese nivel.		-0.6	
		C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: La profundidad de la columna (o ancho de pilares) es menor que la mitad de la profundidad del antepecho, o existen paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan a la columna.		-0.6	
	Nivel desplazado	Existe un nivel desplazado en una de las plantas o en el techo.		-0.6	
	Otra irregularidad	Se observa otra irregularidad severa en elevación que obviamente afecta al desempeño sísmico de la edificación.		-1.3	VL2 = _____
		Se observa otra irregularidad moderada en elevación que pueda afectar al desempeño sísmico de la edificación.		-0.6	(Tope en -1.5)
Irregularidad en planta, PL2	Irregularidad torsional: El sistema lateral no aparece relativamente bien distribuido en planta en cualquier dirección o en ambas direcciones. (No se incluye la abertura frontal de la edificación W1A mencionada anteriormente.)			-1.1	
	Sistemas no paralelos: Existen uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.			-0.6	
	Esquina reentrante: Ambas proyecciones desde una esquina interior superan el 25% de toda la dimensión en planta en esa dirección.			-0.6	
	Abertura de diafragma de piso: Existe una abertura en el diafragma de piso con un ancho mayor al 50% del ancho total del diafragma en ese nivel.			-0.4	
	Discontinuidad fuera del plano en Edificaciones C1, C2: Las vigas exteriores no están alineadas con las columnas en planta.			-0.5	PL2 =_____
	Otra irregularidad: Se observa otra irregularidad en planta que obviamente afecta al desempeño sísmico de la estructura.			-1.1	(Tope en -1.6)
Redundancia	La edificación tiene al menos dos vanos con elementos laterales en cada lado de la edificación en cada dirección.			+0.4	
Golpeteo	La edificación está separada de la estructura adyacente en menos del 0.1% de la altura la edificación más baja y estructura adyacente y:	Los pisos no se alinean verticalmente por más de 61 cm.	El valor límite del modificador por golpeteo es -1.5	-1.3	
		Una edificación es 2 o más pisos más alta que la otra.		-1.3	
		La edificación está al final del bloque de edificaciones.		-0.6	
Edificación S2	Arriostramiento con geometría K.			-1.3	
Edificación C1	Placas planas sirven como vigas en el pórtico resistente a momento.			-0.6	
Edificación PC1/RM1	Existen conexiones entre muros y el techo que son visibles o que se las ha podido apreciar en planos que no tienen tensión perpendicular a las fibras. (No se combina con modificadores de Post-Referencia o Readecuación)			+0.4	
Edificación PC1/RM1	La edificación está estrechamente espaciada, paredes interiores de altura completa (en lugar de un espacio interior con pocas paredes como en un almacén).			+0.4	
URM	Paredes triangulares presentes.			-0.6	
MH	Existencia de un sistema de arriostramiento sísmico adicional, implementado entre la estructura y el suelo			+1.8	
Readecuación	Reforzamiento sísmico integral es visible o se conoce de planos de la edificación.			+1.6	M = _____

PUNTAJE FINAL NIVEL 2, SL2 = (S' + VL2 + PL2 + M) ≥ Smín: (Transferir al formulario del Nivel 1)

Se observa algún daño o deterioro u otra condición que afecta negativamente al desempeño sísmico de la edificación: ☐ Si ☐ No
Si ha marcado "Si", describir la condición en la sección comentarios en la parte inferior e indicar en el formulario del Nivel 1 que una evaluación detallada es requerida independiente del puntaje de la edificación.

PELIGROS NO ESTRUCTURALES EVIDENTES:

Ubicación	Aspecto (Chequear "Si o "No")	Si	No	Comentario
Exterior	Existe un antepecho de mampostería no reforzada no arriostrada o una chimenea de mampostería no reforzada			
	Existen revestimientos pesados			
	Existe una cubierta pesada sobre puertas de salida o pasillos peatonales que parecen estar soportados de manera inadecuada.			
	Existe un anexo de mampostería no reforzada sobre puertas de salida o pasillos peatonales.			
	Existe un letrero colocado en la edificación que indica que hay materiales peligrosos presentes			
	Existe una edificación adyacente más alta con una pared URM no anclada o un antepecho URM no arriostrados o chimenea.			
	Otro peligro exterior observable no estructural que pueda caer.			
Interior	Existen tejas de arcilla o tabiques de ladrillo en gradas o corredores de salida.			
	Otro peligro interior observable no estructural que pueda caer.			

Desempeño Sísmico No Estructural Estimado (Chequear el recuadro apropiado y transferirlo a las conclusiones del formulario del Nivel 1)

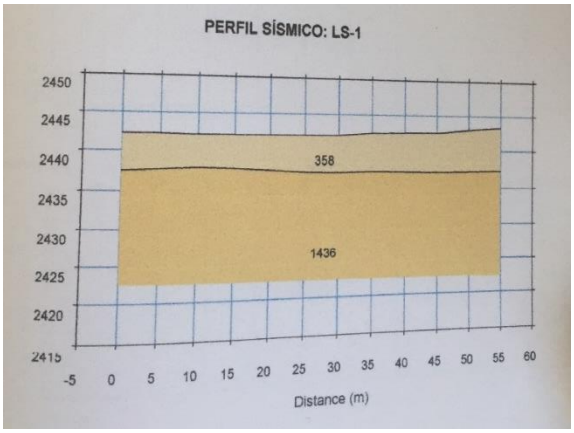
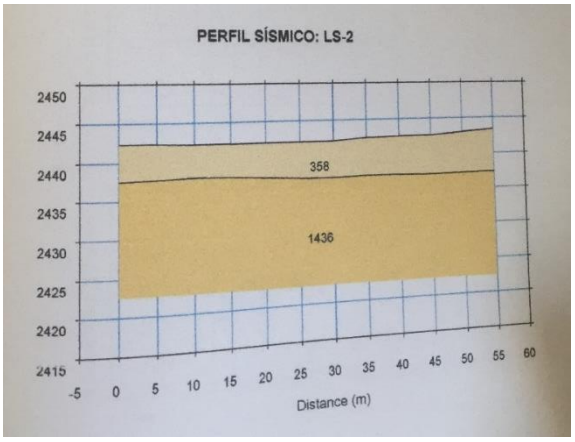
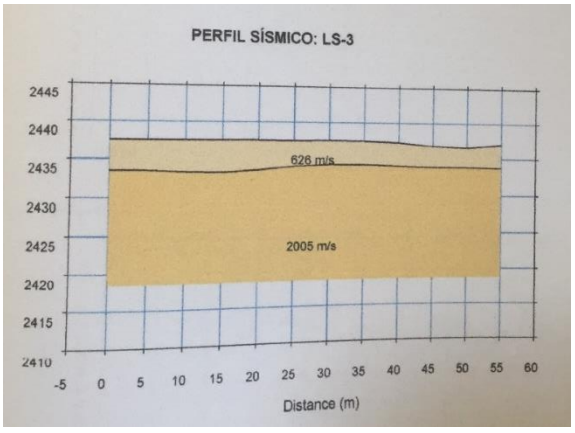
☐ Peligros potenciales no estructurales con una amenaza significativa a la seguridad de vida de los ocupantes → Evaluación No Estructural Detallada recomendada

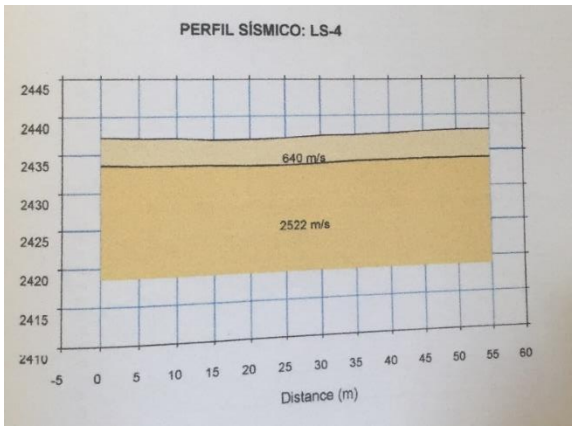
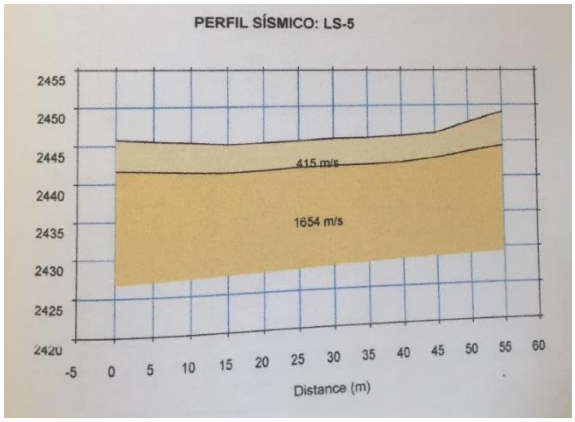
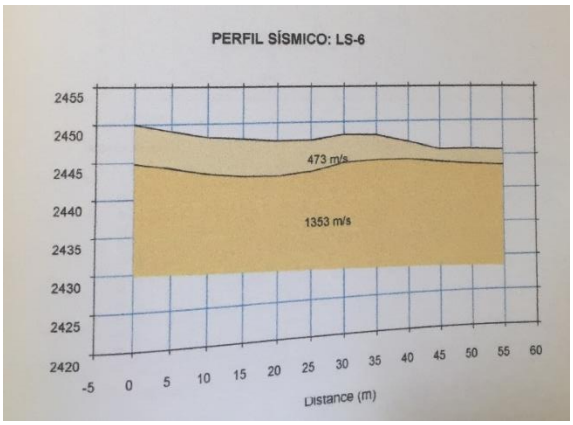
☐ Peligros no estructurales identificados con una amenaza significativa a la seguridad de vida de los ocupantes → Pero no requiere una Evaluación No Estructural Detallada

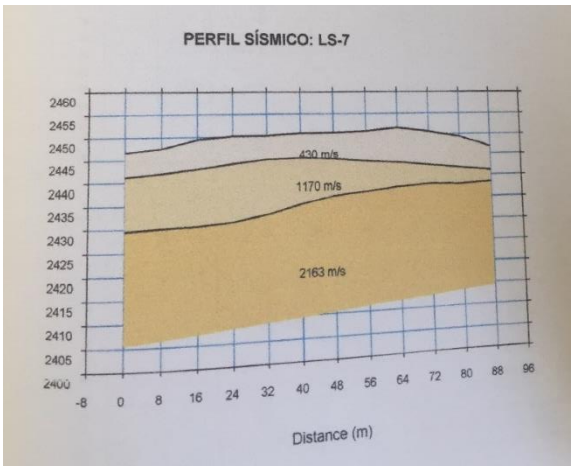
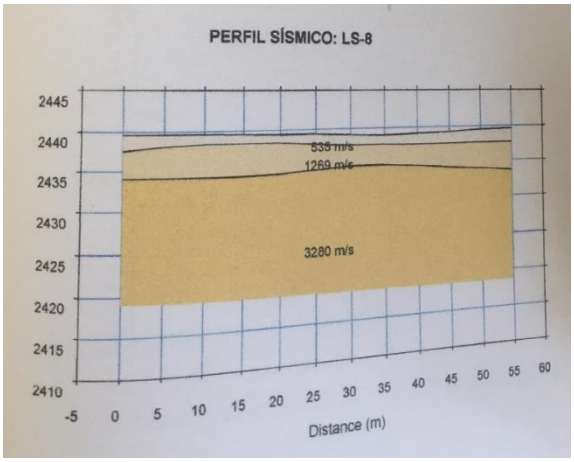
☐ Peligros no estructurales menores o inexistentes que amenacen a la seguridad de vida de los ocupantes → No se requiere Evaluación No Estructural Detallada

Comentarios:

ANEXO 4: Perfiles de estudio de sísmica de refracción

#	Perfil Sísmico	Estratos	Velocidad (m/s)	Tipo de Suelo
1		I II	358 1436	C B
2		I II	358 1436	C B
3		I II	626 2005	C A

#	Perfil Sísmico	Estratos	Velocidad (m/s)	Tipo de Suelo
4		I II	640 2522	C A
5		I II	415 1654	C A
6		I II	473 1353	C A

#	Perfil Sísmico	Estratos	Velocidad (m/s)	Tipo de Suelo
7		I II III	430 1170 2163	C A A
8		I II III	535 1269 3280	C A A

Adaptado de: (SEG-HIDROVERD, s.f). Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes.

ANEXO 5: Determinación de evaluación necesaria para cada edificación

Identificación	Tipo de Edificación	Evaluacion Estructural Detallada								Evaluacion Estructural No Detallada	
		Calificación				Probabilidad de colapso			¿Evaluación Estructural Requerida?	Peligros no Estructurales	¿Evaluación no Estructural Requerida?
		Nivel 1	Smín	Nivel 2	Smín						
Edificación 1	W1	3.1	NO	3.8	NO	1	en	6310	NO	NO	NO
Edificación 2	C3	0.3	NO	0.3	NO	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 3	C3	0.3	SI	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 4	C3	0.3	NO	0.4	NO	1	en	3	SI	SI	NO
Edificación 5	C3	0.3	SI	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 6	C3	0.3	NO	0.3	NO	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 7	C3	0.3	SI	0.5	NO	1	en	3	SI	SI	NO
Edificación 8	C3	0.3	NO	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	SI
Edificación 9	C3	0.3	NO	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 10	C3	0.3	NO	0.3	NO	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 11	C3	0.3	NO	0.3	SI	1	en	2	SI	NO	NO
Edificación 12	C3	0.3	NO	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 13	C3	0.3	NO	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 14	S5	0.5	NO	0.5	SI	1	en	3	SI	NO	NO
Edificación 15	C3	0.6	NO	0.7	NO	1	en	5	SI	SI	NO
Edificación 16	C1	1.3	NO	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 17	C1	1.3	NO	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 18	C3	0.3	SI	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 19	C3	0.6	NO	0.7	NO	1	en	5	SI	NO	NO
Edificación 20	C3	0.3	SI	0.3	SI	1	en	2	SI	NO	NO
Edificación 21	C3	0.9	NO	1.1	NO	1	en	13	SI	SI	NO
Edificación 22	PC1	2.6	NO	2.8	NO	1	en	631	NO	NO	NO
Edificación 23	PC1	2.6	NO	2.8	NO	1	en	631	NO	NO	NO
Edificación 24	URM	0.6	NO	0.9	NO	1	en	8	SI	NO	NO
Edificación 25	C3	0.6	NO	0.3	NO	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 26	C1	1.7	NO	0.7	NO	1	en	5	SI	SI	NO
Edificación 27	C1	1.7	NO	1.4	NO	1	en	25	SI	SI	NO
Edificación 28	C3	0.9	NO	1.1	NO	1	en	13	SI	SI	NO
Edificación 29	C3	0.9	NO	1.1	NO	1	en	13	SI	NO	NO
Edificación 30	C1	1.7	NO	1.9	NO	1	en	79	SI	SI	NO
Edificación 31	C3	0.3	NO	0.7	NO	1	en	5	SI	SI	NO
Edificación 32	C3	0.6	NO	0.9	NO	1	en	8	SI	SI	NO
Edificación 33	C3	0.9	NO	0.3	SI	1	en	2	SI	NO	NO
Edificación 34	C3	0.3	SI	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 35	C3	0.9	NO	0.4	NO	1	en	3	SI	SI	NO
Edificación 36	C3	0.3	SI	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 37	C3	0.3	NO	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 38	C3	0.3	SI	0.5	NO	1	en	3	SI	NO	NO
Edificación 39	C3	0.3	NO	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 40	C3	0.6	NO	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	NO

Identificación	Tipo de Edificación	Evaluacion Estructural Detallada								Evaluacion Estructural No Detallada	
		Calificación				Probabilidad de colapso			¿Evaluación Estructural Requerida?	Peligros no Estructurales	¿Evaluación no Estructural Requerida?
		Nivel 1	Smín	Nivel 2	Smín						
Edificación 41	C3	0.3	SI	0.3	SI	1	en	2	SI	NO	NO
Edificación 42	C3	0.3	SI	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 43	C3	0.9	NO	1.1	NO	1	en	13	SI	NO	NO
Edificación 44	C3	0.6	NO	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 45	C1	1.7	NO	0.9	NO	1	en	8	SI	SI	NO
Edificación 46	C1	2.4	NO	1.6	NO	1	en	40	SI	SI	NO
Edificación 47	C1	2.4	NO	2.6	NO	1	en	398	NO	NO	NO
Edificación 48	URM	0.2	SI	0.2	SI	1	en	2	SI	NO	NO
Edificación 49	URM	0.6	NO	0.2	SI	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 50	C3	0.6	NO	0.3	SI	1	en	2	SI	NO	NO
Edificación 51	C3	0.3	SI	0.3	SI	1	en	2	SI	NO	NO
Edificación 52	C3	0.9	NO	1.1	NO	1	en	13	SI	NO	NO
Edificación 53	C3	0.9	NO	1.1	NO	1	en	13	SI	SI	NO
Edificación 54	C3	0.6	NO	0.9	NO	1	en	8	SI	SI	NO
Edificación 55	C3	0.9	NO	1.1	NO	1	en	13	SI	NO	NO
Edificación 56	C3	0.3	SI	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 57	C3	0.9	NO	0.4	NO	1	en	3	SI	SI	NO
Edificación 58	C3	0.9	NO	0.4	NO	1	en	3	SI	NO	NO
Edificación 59	URM	0.6	NO	0.3	NO	1	en	2	SI	NO	NO
Edificación 60	URM	0.9	NO	0.6	NO	1	en	4	SI	SI	SI
Edificación 61	URM	0.3	NO	0.4	NO	1	en	3	SI	SI	SI
Edificación 62	C3	0.3	SI	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 63	URM	0.9	NO	0.8	NO	1	en	6	SI	NO	NO
Edificación 64	URM	0.9	NO	1.1	NO	1	en	13	SI	SI	SI
Edificación 65	C3	0.3	SI	0.5	NO	1	en	3	SI	NO	NO
Edificación 66	W1	1.8	NO	2.0	NO	1	en	100	NO	SI	SI
Edificación 67	C3	0.3	SI	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	SI
Edificación 68	C3	0.3	SI	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 69	C3	0.3	SI	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	NO
Edificación 70	C3	0.3	SI	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	SI
Edificación 71	C1	0.3	NO	0.3	SI	1	en	2	SI	NO	NO
Edificación 72	C3	0.3	NO	0.3	SI	1	en	2	SI	SI	SI
Edificación 73	C3	0.9	NO	0.4	NO	1	en	3	SI	NO	NO
Edificación 74	C3	0.6	NO	0.7	NO	1	en	5	SI	SI	SI
Edificación 75	C3	0.9	NO	1.1	NO	1	en	13	SI	NO	NO
Edificación 76	S3	2.7	NO	2.9	NO	1	en	794	NO	NO	NO
Edificación 77	C3	0.6	NO	0.7	NO	1	en	5	SI	SI	SI
Edificación 78	C3	0.3	NO	0.7	NO	1	en	5	SI	SI	SI
Edificación 79	C3	0.9	NO	1.1	NO	1	en	13	SI	SI	SI
Edificación 80	C3	0.3	NO	0.7	NO	1	en	5	SI	SI	SI

Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes

ANEXO 6: Irregularidades identificadas en cada una de las edificaciones

	Irregularidad en Elevación						Irregularidad en Planta								Especificaciones Particulares						
	Terreno en pendiente	Piso débil y/o piso blando	Discontinuidad	Columnas cortas	Nivel desplazado	Otra irregularidad en elevación	Irregularidad torsional	Sistemas no paralelos	Esquina reentrante	Abertura de diafragma de piso	Vigas no alineadas con columnas (C1, C2)	Otra irregularidad en planta	Redundancia	Golpeteo	Edificación S2	Edificación C1	Edificación PC1/RM1	Edificación PC1/RM1	URM	MH	Readecuación
Edificación 1			X										X								
Edificación 2			X	X									X								
Edificación 3		X	X		X		X		X				X								
Edificación 4			X										X								
Edificación 5			X				X						X								
Edificación 6			X	X									X								
Edificación 7			X						X				X								
Edificación 8			X	X									X								
Edificación 9			X	X									X								
Edificación 10			X	X									X								
Edificación 11			X	X									X								
Edificación 12			X	X									X	X							
Edificación 13		X	X		X		X						X								
Edificación 14				X	X		X						X								
Edificación 15								X													
Edificación 16			X	X			X						X	X		X					
Edificación 17			X	X			X				X		X	X		X					
Edificación 18			X				X						X								
Edificación 19									X												
Edificación 20					X		X		X				X								
Edificación 21													X								
Edificación 22													X								
Edificación 23													X								
Edificación 24										X			X								
Edificación 25			X		X								x								
Edificación 26			X	X									X	X		X					
Edificación 27			X	X									X			X					
Edificación 28													X								
Edificación 29													X								
Edificación 30			X										X			X					
Edificación 31			X										X								
Edificación 32									X				X								
Edificación 33														X							
Edificación 34			X	X					X				X	X							
Edificación 35													X	X							
Edificación 36			X						X					X							
Edificación 37			X	X	X								X								
Edificación 38			X						X				X								
Edificación 39			X	X	X								X								
Edificación 40									X					X							

	Irregularidad en Elevación						Irregularidad en Planta								Especificaciones Particulares						
	Terreno en pendiente	Piso débil y/o piso blando	Discontinuidad	Columnas cortas	Nivel desplazado	Otra irregularidad en elevación	Irregularidad torsional	Sistemas no paralelos	Esquina reentrante	Abertura de diafragma de piso	Vigas no alineadas con columnas (C1, C2)	Otra irregularidad en planta	Redundancia	Golpeteo	Edificación S2	Edificación C1	Edificación PC1/RM1	Edificación PC1/RM1	URM	MH	Readecuación
Edificación 41			X	X				X					X								
Edificación 42		X					X						X								
Edificación 43													X								
Edificación 44							X						X	X							
Edificación 45		X											X	X		X					
Edificación 46													X	X		X					
Edificación 47													X			X					
Edificación 48			X				X						X						X		
Edificación 49							X						X	X					X		
Edificación 50							X							X							
Edificación 51			X				X						X								
Edificación 52													X								
Edificación 53													X								
Edificación 54									X				X								
Edificación 55													X								
Edificación 56			X						X				X								
Edificación 57													X	X							
Edificación 58													X	X							
Edificación 59							X						X						X		
Edificación 60																			X		
Edificación 61		X											X						X		
Edificación 62			X				X						X								
Edificación 63													X						X		
Edificación 64													X								
Edificación 65			X						X				X								
Edificación 66													X								
Edificación 67				X		X	X	X	X				X	X							
Edificación 68				X		X	X						X	X							
Edificación 69			X	X		X	X	X					X	X							
Edificación 70		X	X	X		X	X	X	X				X	X							
Edificación 71				X									X	X							
Edificación 72					X		X	X					X								
Edificación 73						X							X								
Edificación 74					X								X								
Edificación 75													X								
Edificación 76													X								
Edificación 77					X								X								
Edificación 78				X									X								
Edificación 79													X								
Edificación 80				X									X								

Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes

ANEXO 7: Afectaciones producidas por el volcán Cotopaxi.

	AFECTACIÓN DE LAS EDIFICACIONES ANTE LLUVIA DE CENIZA		AFECTACIÓN DE LAS EDIFICACIONES ANTE FLUJO DE LODOS Y ESCOMBROS					
	Tipo de Cubierta	Grado de Afectación	Cota (msnm)	Número de Pisos	Altura Estimada de la Edificacion	Altura del Lahar en la Edificacion	% de la Edificación Sumergida	Grado de Afectación
Edificación 1	PANEL DE ACERO	MODERADO	2458	3	7.5	1	13	BAJO
Edificación 2	PANEL DE ACERO	MODERADO	2453	2	5	6	100	GRAVE
Edificación 3	LOSA H.A.	BAJO	2454	3	7.5	5	67	GRAVE
Edificación 4	PANEL DE ACERO	MODERADO	2453	2	5	6	100	GRAVE
Edificación 5	TEJA	GRAVE	2453	2	5	6	100	GRAVE
Edificación 6	TEJA	GRAVE	2453	2	5	6	100	GRAVE
Edificación 7	LOSA H.A.	BAJO	2453	3	7.5	6	80	GRAVE
Edificación 8	LOSA H.A.	BAJO	2452	2	5	7	100	GRAVE
Edificación 9	TEJA	GRAVE	2452	2	5	7	100	GRAVE
Edificación 10	LOSA H.A.	BAJO	2454	3	7.5	5	67	GRAVE
Edificación 11	LOSA H.A.	BAJO	2453	2	5	6	100	GRAVE
Edificación 12	LOSA H.A.	BAJO	2454	3	7.5	5	67	GRAVE
Edificación 13	TEJA	GRAVE	2456	2	5	3	60	GRAVE
Edificación 14	ZINC	GRAVE	2456	1	2.5	3	100	GRAVE
Edificación 15	LOSA H.A.	BAJO	2457	1	2.5	2	80	GRAVE
Edificación 16	LOSA H.A.	BAJO	2458	3	7.5	1	13	BAJO
Edificación 17	LOSA H.A.	BAJO	2458	3	7.5	1	13	BAJO
Edificación 18	TEJA	GRAVE	2458	3	7.5	1	13	BAJO
Edificación 19	FIBROCEMENTO	MODERADO	2458	1	2.5	1	40	BAJO
Edificación 20	TEJA	GRAVE	2458	2	5	1	20	BAJO
Edificación 21	LOSA H.A.	BAJO	2458	1	2.5	1	40	BAJO
Edificación 22	FIBROCEMENTO	MODERADO	2457	1	2.5	2	80	GRAVE
Edificación 23	FIBROCEMENTO	MODERADO	2457	1	2.5	2	80	GRAVE
Edificación 24	TEJA	GRAVE	2455	2	5	4	80	GRAVE
Edificación 25	LOSA H.A.	BAJO	2458	3	7.5	1	13	BAJO
Edificación 26	LOSA H.A.	BAJO	2460	3	7.5	No Inunda	0	NULO
Edificación 27	LOSA H.A.	BAJO	2461	4	10	No Inunda	0	NULO
Edificación 28	LOSA H.A.	BAJO	2461	2	5	No Inunda	0	NULO
Edificación 29	LOSA H.A.	BAJO	2462	2	5	No Inunda	0	NULO
Edificación 30	LOSA H.A.	BAJO	2462	3	7.5	No Inunda	0	NULO
Edificación 31	LOSA H.A.	BAJO	2462	3	7.5	No Inunda	0	NULO
Edificación 32	LOSA H.A.	BAJO	2464	2	5	No Inunda	0	NULO
Edificación 33	TEJA	GRAVE	2464	2	5	No Inunda	0	NULO
Edificación 34	TEJA	GRAVE	2465	3	7.5	No Inunda	0	NULO
Edificación 35	FIBROCEMENTO	MODERADO	2465	2	5	No Inunda	0	NULO
Edificación 36	FIBROCEMENTO	MODERADO	2465	2	5	No Inunda	0	NULO
Edificación 37	TEJA	GRAVE	2466	3	7.5	No Inunda	0	NULO
Edificación 38	FIBROCEMENTO	MODERADO	2466	2	5	No Inunda	0	NULO
Edificación 39	ZINC	GRAVE	2467	2	5	No Inunda	0	NULO
Edificación 40	FIBROCEMENTO	MODERADO	2467	1	2.5	No Inunda	0	NULO
Edificación 41	FIBROCEMENTO	MODERADO	2468	2	5	No Inunda	0	NULO
Edificación 42	FIBROCEMENTO	MODERADO	2468	2	5	No Inunda	0	NULO
Edificación 43	ZINC	GRAVE	2466	1	2.5	No Inunda	0	NULO
Edificación 44	TEJA	GRAVE	2464	2	5	No Inunda	0	NULO
Edificación 45	LOSA H.A.	BAJO	2458	4	10	1	10	BAJO
Edificación 46	LOSA H.A.	BAJO	2458	4	10	1	10	BAJO
Edificación 47	LOSA H.A.	BAJO	2458	1	2.5	1	40	BAJO
Edificación 48	TEJA	GRAVE	2458	2	5	1	20	BAJO
Edificación 49	TEJA	GRAVE	2458	2	5	1	20	BAJO
Edificación 50	TEJA	GRAVE	2458	2	5	1	20	BAJO

	AFECTACIÓN DE LAS EDIFICACIONES ANTE LLUVIA DE CENIZA		AFECTACIÓN DE LAS EDIFICACIONES ANTE FLUJO DE LODOS Y ESCOMBROS					
	Tipo de Cubierta	Grado de Afectación	Cota (msnm)	Número de Pisos	Altura Estimada de la Edificacion	Altura del Lahar en la Edificacion	% de la Edificación Sumergida	Grado de Afectación
Edificación 51	LOSA H.A.	BAJO	2458	2	5	1	20	BAJO
Edificación 52	LOSA H.A.	BAJO	2458	2	5	1	20	BAJO
Edificación 53	LOSA H.A.	BAJO	2457	2	5	2	40	MODERADO
Edificación 54	LOSA H.A.	BAJO	2458	1	2.5	1	40	BAJO
Edificación 55	LOSA H.A.	BAJO	2458	2	5	1	20	BAJO
Edificación 56	LOSA H.A.	BAJO	2458	3	7.5	1	13	BAJO
Edificación 57	FIBROCEMENTO	MODERADO	2458	2	5	1	20	BAJO
Edificación 58	LOSA H.A.	BAJO	2458	2	5	1	20	BAJO
Edificación 59	TEJA	GRAVE	2458	2	5	1	20	BAJO
Edificación 60	TEJA	GRAVE	2458	1	2.5	1	40	BAJO
Edificación 61	TEJA	GRAVE	2458	2	5	1	20	BAJO
Edificación 62	LOSA H.A.	BAJO	2458	3	7.5	1	13	BAJO
Edificación 63	TEJA	GRAVE	2458	1	2.5	1	40	BAJO
Edificación 64	TEJA	GRAVE	2457	1	2.5	2	80	GRAVE
Edificación 65	TEJA	GRAVE	2455	2	5	4	80	GRAVE
Edificación 66	TEJA	GRAVE	2457	2	5	2	40	MODERADO
Edificación 67	TEJA	GRAVE	2455	2	5	4	80	GRAVE
Edificación 68	TEJA	GRAVE	2455	2	5	4	80	GRAVE
Edificación 69	TEJA	GRAVE	2453	2	5	6	100	GRAVE
Edificación 70	TEJA	GRAVE	2453	2	5	6	100	GRAVE
Edificación 71	ZINC	GRAVE	2454	1	6	5	83	GRAVE
Edificación 72	FIBROCEMENTO	MODERADO	2454	1	2.5	5	100	GRAVE
Edificación 73	TEJA	GRAVE	2455	1	2.5	4	100	GRAVE
Edificación 74	FIBROCEMENTO	MODERADO	2455	1	2.5	4	100	GRAVE
Edificación 75	ZINC	GRAVE	2457	2	5	2	40	MODERADO
Edificación 76	ZINC	GRAVE	2457	1	10	2	20	GRAVE
Edificación 77	PANEL DE ACERO	MODERADO	2455	1	2.5	4	100	GRAVE
Edificación 78	PANEL DE ACERO	MODERADO	2454	1	2.5	5	100	GRAVE
Edificación 79	FIBROCEMENTO	MODERADO	2454	1	2.5	5	100	GRAVE
Edificación 80	FIBROCEMENTO	MODERADO	2452	1	2.5	7	100	GRAVE

*Fibrocemento se refiere a las planchas de fibrocemento conocidas como "eternit"

*Zinc se refiere a las láminas de acero delgadas conocida como "hojas de zinc"

*Losa H.A se refiere a las losas de hormigón armado

*La altura máxima del lahar que se espera para el sector en estudio es de: 2459 m.s.n.m.

Elaborado por: Pablo Almagro y Xavier Paredes