	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	Dependencia	Aprobado	Pág.	
	SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(216)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	RICARDO ADOLFO LANZZIANO JIMÉNEZ FREDDY CLAVIJO PICÓN		
FACULTAD	DE INGENIERÍAS		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA CIVIL		
DIRECTOR	EDSON DÍAZ BUSTOS		
TÍTULO DE LA TESIS	ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL CORREGIMIENTO DE OTARÉ Y DEL BARRIO BETANIA, EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER, APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL MANUAL FEMA P-154.		
RESUMEN (70 palabras aproximadamente)			
<p>EL PRESENTE TRABAJO DE GRADO CONTIENE UN “ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL CORREGIMIENTO DE OTARÉ Y DEL BARRIO BETANIA, EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER, APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL MANUAL FEMA P-154.” PARA LO CUAL SE DIVIDIÓ ESTE ESTUDIO ENTRE LAS PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES QUE MÁS AFECTARÍAN LOS SECTORES Y DE LOS CUALES SE DETERMINÓ LA PUNTUACIÓN DE CALIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD PRELIMINAR, Y SUS POSTERIORES DEDUCCIONES Y ANÁLISIS. MEDIANTE UNA RÁPIDA EVALUACIÓN VISUAL SE DETERMINÓ EL TIPO DE ESTRUCTURA Y LAS IRREGULARIDADES QUE PRESENTABA, Y MEDIANTE UN SISTEMA DE PUNTUACIÓN PLANTEADO POR FEMA P-154 SE DETERMINÓ LA PROBABILIDAD DE COLAPSO DE LAS ESTRUCTURAS EVALUADAS.</p> <p>EL ANÁLISIS, CONTIENE ADEMÁS DEL ESTUDIO PRELIMINAR DE LA VULNERABILIDAD DE LAS ZONAS ESTUDIADAS, UNA GUÍA PARA EL CORRECTO USO DE LA METODOLOGÍA USADA, UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA QUE PERMITE EVALUAR DE MANERA PRELIMINAR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA Y MAPAS DE VULNERABILIDAD DE LAS ZONAS DE ESTUDIO.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 216	PLANOS: 2	ILUSTRACIONES: 67	CD-ROM: 1



**ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL CORREGIMIENTO DE OTARÉ Y
DEL BARRIO BETANIA, EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER,
APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL MANUAL FEMA P-154**

RICARDO ADOLFO LANZZIANO JIMÉNEZ

FREDDY CLAVIJO PICÓN

Proyecto de grado presentado como requisito para obtener el título de Ingeniero Civil

Director

I.C. Esp. Edson Díaz Bustos

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA CIVIL

Ocaña, Colombia

Octubre de 2019

DEDICATORIA

En primera medida, quiero dedicar este logro a Dios, a mis padres Samuel Clavijo Navarro y Lucia Astrid Picón Pérez, A mi esposa Juliana Maldonado y a mis dos hermosa hijas Salomé Clavijo y Julieta Clavijo, quiénes fueron el motor que me impulso aún más a realizar este sueño, a mis hermanos Lina Fernanda Clavijo Picón Y Samuel Clavijo Picón, y a mi tío y amigo Jesús Emiro Clavijo por su apoyo incondicional.

FREDDY CLAVIJO PICÓN

DEDICATORIA

Primero que todo, quiero dedicarle este triunfo a Dios por permitirme lograr este objetivo tan anhelado para mí y mi familia, en segunda instancia dedicarle a mi Padres, Martin Adolfo Lanzziano Madariaga , Marina Jiménez Roperó y a mi hermano Martin José Lanzziano Jiménez quienes siempre me apoyaron y fueron mi motor en la realización de este logro, de igual manera a mi tía Nydia Lanzziano Madariaga la cual es mi segunda mamá por su apoyo incondicional la cual jamás me dejó solo en esta etapa; de la misma forma dedicarle a mi tía Nilda Lanzziano Madariaga por su ayuda en los momentos que más necesite de ella.

De manera especial quiero dedicarle esta meta a mi tío José María Lanzziano Madariaga, el cual infortunadamente ya no se encuentra con nosotros y que hubiera estado muy feliz por la culminación de mi carrera profesional, su apoyo en vida fue fundamental y desde el cielo lo fue aún más.

RICARDO ADOLFO LANZZIANO JIMÉNEZ

AGRADECIMIENTOS

Estamos agradecidos con Dios por permitirnos culminar esta etapa en nuestras vidas, como estudiantes de ingeniería civil.

Agradecemos a nuestros padres quienes siempre han sido fuente inspiración y motor constante de aliento para culminar nuestra carrera profesional. Agradecemos a nuestros tíos José María Lanzziano, Nidya Lanzziano, Nilda Lanzziano y Jesús Emiro Clavijo

Expresamos nuestro agradecimiento mutuo, por el esfuerzo y tiempo que cada uno de nosotros invirtió en este trabajo de investigación meritorio.

Le agradecemos al ingeniero Especialista Edson Días Bustos, por su acompañamiento en la dirección de nuestro trabajo de grado.

Damos gracias Al Doctor Nelson Afanador y al Magister Carlos Daniel Echavez por sus valiosos aportes como jurados de calificación del presente proyecto.

Estamos totalmente agradecidos con el ingeniero Juan Carlos Gutiérrez y el ingeniero Marco José Barrera Lanzziano, por sus amistades y acompañamientos.

FREDDY CLAVIJO PICÓN

RICARDO ADOLFO LANZZIANO JIMÉNEZ

Índice

Capítulo 1: Análisis de la vulnerabilidad sísmica del corregimiento de Otaré y del barrio Betania, en el municipio de Ocaña, Norte de Santander, aplicando la metodología del manual FEMA P-154.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema	3
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Justificación	5
1.5 Delimitaciones	6
1.5.1 Delimitación Operativa	6
1.5.2 Delimitación Conceptual.	7
1.5.3 Geográfica.....	7
1.5.4 Temporal.	7
 Capítulo 2: Marco Referencial.....	 8
2.1 Antecedentes históricos.	8
2.1.1 Marco Histórico	9
2.2 Marco conceptual.....	15
2.3 Marco teórico.....	19
2.3.1 Evaluación sísmica de estructuras existentes utilizando el método FEMA P-154	19
2.3.2 Zonas de amenaza sísmica	20
2.3.3 Recolección de datos formulario FEMA P-154.....	24
2.3.4 Ventajas principales del método de RVS.....	25
2.3.5 Limitaciones La ventaja principal del método RVS	25
2.4 Marco legal.	26
2.4.1 Decreto 1400 del 7 de junio de 1984.....	26
2.4.2 Ley 400 del 19 de Agosto de 1997	26
2.4.3 Decreto 33 del 9 de enero de 1998.....	27
2.4.4 Decreto 926 del 19 de marzo de 2010 - Reglamento NSR-10.....	27
2.4.5 Ley 1523 del 24 de abril del 2012	27

Capítulo 3: Diseño metodológico.....	28
3.1 Tipo de investigación.....	29
3.2. Población y muestra.....	29
3.3. Recolección de la información.....	30
3.4 Análisis y procedimientos de datos.....	31
Capítulo 4: Desarrollo del proyecto	33
4.1 Efectuar una recopilación sobre la metodología, aplicación y conceptos de la tercera edición de la guía para el examen visual rápido de edificaciones con potencial de amenaza sísmica. FEMA P-154.....	33
4.1.1 Planificación	34
4.1.2 Selección de los Formularios de Recolección de Datos	37
4.1.3 Capacitación y entrenamiento de inspectores	39
4.1.4 Adquisición y revisión de los datos de las construcciones... ..	39
4.1.5 Formulario de recolección de datos nivel 1.	41
4.1.6 Formulario de recolección de datos nivel 2..	76
4.2 Ejecutar auscultaciones en el corregimiento de Otaré y el barrio Betania empleando el formato adaptado RVS (evaluación visual rápida) de recolección de datos en campo, para identificar las patologías de las edificaciones.	87
4.2.1 Corregimiento de Otaré.....	90
4.2.2 Barrio Betania	105
4.3 Analizar los datos correspondientes a cada edificación aplicando el método FEMA P-154, para conocer la puntuación final S de las edificaciones del corregimiento de Otaré y del barrio Betania del municipio de Ocaña, Norte de Santander	117
4.3.1 Corregimiento de Otaré.....	119
4.3.2 Barrio Betania	122
4.4 Crear una guía para el uso del formulario FEMA P-154 para realizar el “examen visual rápido para la detección de edificaciones con potencial de amenaza sísmica”	127
4.5 Diseñar un aplicativo por medio de Excel, para evaluar la vulnerabilidad sísmica en edificaciones teniendo como fundamento la metodología FEMA P-154.	128
4.6 Realizar un mapa de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones del corregimiento de Otaré y del barrio Betania del municipio de Ocaña, Norte de Santander.....	130
Capítulo 5. Conclusiones	131

Capítulo 6. Recomendaciones.....	135
Referencias	137
Apéndices	139
Apéndice A: Formularios para diferentes zonas de amenaza sísmica	140
Apéndice B. Guía de adicciones	141
Apéndice C. Guía Adyacencia	142
Apéndice D: Guía Irregularidades	143
Apéndice E. Guía de clasificación FEMA P-154	144
Apéndice F. Formularios con los Análisis de vulnerabilidad realizados	145
Apéndice G: Bases de Datos	146
Apéndice H. Guía FEMA P-154	147
Apéndice I. Herramienta Aplicativa.....	154
Apéndice J. Mapa de Vulnerabilidad sísmica	155

Lista de tablas

Tabla 1	-----	20
Tabla 2	-----	23
Tabla 3	-----	23
Tabla 4	-----	48
Tabla 5	-----	80
Tabla 6	-----	82
Tabla 7	-----	118

Lista de figuras

Figura 1: Zonas de amenaza sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa	21
Figura 2: Mapa de valores de Aa	22
Figura 3. Tabla A.2.4.1. Clasificación de los perfiles de suelo. (AIS, 2010)	40
Figura 4. Edificación con riesgo potencial de deslizamiento.	47
Figura 5. Definición de la separación mínima entre edificaciones	49
Figura 6 . Edificaciones con pisos no alineados verticalmente, Adaptado de (FEMA, 2015,.....	50
Figura 7. Ilustración esquemática de edificaciones con diferente altura	50
Figura 8. Ilustración esquemática del final de las edificaciones.....	51
Figura 9. Edificaciones en un terreno con pendiente (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 17.).....	52
Figura 10. Edificación tipo W1 con paredes cortas (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 18.)	53
Figura 11. Edificación del tipo W1 con cripple walls y espacio ocupado sobre el garaje.	54
Figura 12. Edificación del tipo W1 con piso débil, por los requerimientos para parqueadero.....	55
Figura 13. Edificación que tiene un piso débil, debido a las grandes aberturas en la planta baja	55
Figura 14. Edificación que tiene piso blando debido a la gran altura	56
Figura 15. Edificación con discontinuidad fuera del plano en el tercer piso.....	57
Figura 16. Edificación con discontinuidad fuera del plano debido a que los pisos sobre la planta baja se encuentran en voladizo, (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 21.)	57
Figura 17. Discontinuidad en el plano del sistema sísmico resistente	58
Figura 18. Aberturas de muro irregulares (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 23.)	58
Figura 19. Columna corta debido a antepechos (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 23.).....	59
Figura 20. Columna corta debido a Muros de relleno. (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 23.).....	59
Figura 21. Niveles desplazados (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 23.)	60

Figura 22. Bosquejo de edificación sin irregularidades (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 24.)	61
Figura 23. Bosquejo de edificaciones con irregularidades (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 25.)	61
Figura 24. Edificación con sistema no paralelo (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 26.)	62
Figura 25. Vista en planta de edificaciones con retrocesos (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 26.)	63
Figura 26. Discontinuidad en el sistema de piso (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 27.)	64
Figura 27. Bosquejo de vigas no alineadas con columnas (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 28.)	64
Figura 28. Edificación con potencial amenaza de caída de elementos no estructurales	65
Figura 29. Panorámica de la vía de acceso entre Otaré-Ocaña	91
Figura 30. Panorámica de Otaré, corregimiento de Ocaña, Norte de Santander.	92
Figura 31. Edificaciones del municipio de Otaré	95
Figura 32. Ilustración de edificación URM.	97
Figura 33. Ilustración de edificación RM2 (a)	98
Figura 34. Ilustración de edificación RM2 (b)	98
Figura 35. Terreno en pendiente.	103
Figura 36. Discontinuidades	104
Figura 37. Golpeteo	104
Figura 38. Panorámica del barrio Betania, Ocaña, Norte de Santander.	105
Figura 39. Edificaciones del barrio Betania	106
Figura 40. Ilustración de edificación URM (Betania)	108
Figura 41. Ilustración de edificación RM2 (a) Betania	109
Figura 42. Ilustración de edificación RM2 (b) Betania	110
Figura 43. Discontinuidades (a) Betania	114
Figura 44. Discontinuidades (b) Betania	114
Figura 45. Golpeteo en las esquinas	115
Figura 46. Golpeteo (b) Betania	115

Figura 47. Sistemas no paralelos Betania	116
Figura 48. Terreno en pendiente (Betania)	116

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Tipos de edificaciones en Otaré.....	96
Gráfico 2. Modificadores de puntaje presentes en las edificaciones de Otaré.....	100
Gráfico 3. Irregularidades presentes en las edificaciones de Otaré.....	101
Gráfico 4. Irregularidades halladas en evaluación en Betania	102
Gráfico 5. Tipos de edificaciones en Betania	107
Gráfico 6. Modificadores de puntaje presentes en las edificaciones del Barrio Betania.....	111
Gráfico 7. Irregularidades presentes en las edificaciones del barrio Betania	112
Gráfico 8. Irregularidades halladas en evaluación.	113
Gráfico 9. Resultados Nivel de Evaluación 1. (Otaré)	119
Gráfico 10. Resultados Nivel de Evaluación 2. (Otaré)	120
Gráfico 11. Peligros no estructurales (Otaré)	121
Gráfico 12. Resultados Nivel de Evaluación 1. (Betania)	123
Gráfico 13. Resultados Nivel de Evaluación 2. (Betania)	124
Gráfico 14. Peligros no estructurales (Betania)	125

Capítulo 1: Análisis de la vulnerabilidad sísmica del corregimiento de Otaré y del barrio Betania, en el municipio de Ocaña, Norte de Santander, aplicando la metodología del manual FEMA P-154.

1.1 Planteamiento del problema

Los desplazamientos de las placas tectónicas que conforman la corteza terrestre dan origen a los sismos en el interior del suelo, estos a su vez se propagan en forma de onda liberando energía, este fenómeno a gran magnitud origina lo que llamamos terremotos; aunque esta no es la única causa que origina un sismo es la que se presenta con mayor frecuencia como es el caso de México uno de los países con alta sismicidad debido a que se encuentran en interacción con 5 placas tectónicas: la placa de norte américa, la de los cocos, la del Pacífico, la de Rivera y la placa del caribe; debido a esto se presentan en promedio 40 sismos por día. (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

Colombia se encuentra sobre la placa suramericana y está rodeada por la placa nazca y del caribe lo que hace que sea un país con múltiples amenazas sísmicas, como ya ha ocurrido en años anteriores ocasionando colapso de estructuras y pérdidas humanas como lo fue el año 1875 y 1981 en la ciudad de Cúcuta departamento Norte de Santander. En este departamento han ocurrido 5 sismos de gran magnitud de una lista de 52 grandes sismos ocurridos en todo el país a lo largo de la historia. (Servicio Geológico Colombiano, 2017); estos sismos corresponden a intensidades mayores o iguales a 8 en una escala micro sísmica EMS-98 y a una magnitud mayor

o igual a 6 en la escala de Richter; lo que quiere decir que el 9,6% de estos grandes sismos se han presentado en Norte de Santander.

El 10 de marzo de 2015 las edificaciones del municipio de Ocaña y sus alrededores especialmente la del corregimiento de Otaré una de las zonas de investigación se vieron afectadas por un sismo de magnitud 6,6 grados en la escala de Richter con epicentro en la mesa de los santos, el cual causo grietas en las edificaciones; este hecho dejo en evidencia el gran riesgo sísmico que presenta el municipio de Ocaña, en especial los corregimientos, debido al tipo de construcción y por falta de profesionales a cargo de la construcción.

En ese orden de ideas los análisis de vulnerabilidad para edificaciones establecen cuál puede ser el riesgo si se presenta un sismo, para realizar un análisis heterogéneo las edificaciones deben poseer diferentes tipos de construcción, levantadas en diferentes años y considerar además que muchas de las edificaciones fueron construidas sin seguir los requisitos mínimos establecidos por el código colombiano de construcciones sismo resistente de 1984, la NSR-98 y el actual reglamento de construcción sismo resistente NSR-10, el cual en su título A A.1.2.2.2 expone “Una edificación diseñada siguiendo los requisitos de este Reglamento, deberá ser capaz de resistir, además de las fuerzas que le impone su uso, temblores de poca intensidad sin daño, temblores moderados sin daño estructural, pero posiblemente con algún daño a los elementos no estructurales y un temblor fuerte con daños a elementos estructurales y no estructurales pero sin colapso” (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010).

Siendo el reglamento muy específico en que las construcciones que no cumplan sus requisitos mínimos están en probabilidad de colapso y a consecuencia de esto probabilidad de

presentarse pérdidas humanas al momento de un sismo; En el municipio de Ocaña existen muchas edificaciones construidas desde hace tiempo; la gran mayoría fueron construidas sin tener en cuenta códigos sismo resistentes, lo cual genera incertidumbres respecto al comportamiento de las estructuras frente a un evento sísmico, teniendo como fundamento el preservar la vida humana ante un movimiento telúrico.

Ante estos hechos la Alcaldía municipal de Ocaña no realiza estudios previos por no contar con las herramientas y personal necesario para la detección de la vulnerabilidad sísmica presentes en cada una de las zonas pertenecientes al Municipio, esto ocasiona que la amenaza sea una incertidumbre y por lo tanto aumenta el riesgo en el municipio ante la respuesta que se podría dar con respecto a un sismo.

1.2 Formulación del problema

¿Con el análisis de vulnerabilidad sísmica en las edificaciones del corregimiento de Otaré y del barrio Betania del Municipio de Ocaña, Norte de Santander, se puede reducir el riesgo y generar estrategias que nos brinden las herramientas para mitigarlo?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General. Determinar la vulnerabilidad sísmica aplicando la metodología del manual FEMA P-154 en las edificaciones del corregimiento de Otaré y en el barrio Betania del Municipio de Ocaña, Norte de Santander.

1.3.2 Objetivos Específicos. Efectuar una recopilación sobre la metodología, aplicación y conceptos de la tercera edición de la guía para el examen visual rápido de edificaciones con potencial de amenaza sísmica. FEMA P-154.

Ejecutar auscultaciones en el corregimiento de Otaré y el barrio Betania empleando el formato adaptado EVR (evaluación visual rápida) de recolección de datos en campo, para identificar las patologías de las edificaciones.

Evaluar los datos correspondientes a cada edificación aplicando el método FEMA P-154, para conocer la puntuación final (S) de las edificaciones del corregimiento de Otaré y del barrio Betania del municipio de Ocaña, Norte de Santander.

Crear una guía para el uso del formulario FEMA P-154 para realizar el “examen visual rápido para la detección de edificaciones con potencial de amenaza sísmica”

Diseñar un aplicativo por medio de Excel, para evaluar la vulnerabilidad sísmica en edificaciones teniendo como fundamento la metodología FEMA P-154.

Realizar un mapa de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones del corregimiento de Otaré y del barrio Betania del municipio de Ocaña, Norte de Santander.

1.4 Justificación

En general en Colombia dado a la divergencia de las placas tectónicas, siempre se ha considerado como un territorio propenso a Amenazas sísmicas, por esta razón es necesario analizar la vulnerabilidad sísmica de las diferentes ciudades y municipios. Otaré es uno de los corregimientos más antiguos del municipio de Ocaña y se inició como un asentamiento en la cima de una montaña, debido a su topografía un gran número de viviendas tienen un desnivel considerable y la mayoría de sus edificaciones fueron construidas sin cumplir ningunos requisitos mínimos de: el código colombiano de construcciones sismo resistente de 1984, la NSR-98 y el actual reglamento de construcción sismo resistente la NSR-10, de igual forma ocurre con las construcciones que fueron apareciendo a lo largo de los años. Por lo tanto es una zona vulnerable sísmica; así mismo el barrio Betania presenta una muestra representativa del tipo de construcción que se levanta en el municipio de Ocaña, dando una idea general de la vulnerabilidad sísmica en el municipio.

Según (Maldonado y Chío, 2009) el aspecto más importante para estudios de vulnerabilidad es que la metodología utilizada debe ser de alguna forma sencilla. Es por esto que es indispensable en el municipio realizar un análisis pre-evento para tener un concepto de cómo será el comportamiento de las edificaciones, que en la presente investigación será en el corregimiento de Otaré y el barrio Betania del municipio de Ocaña Norte de Santander.

El método cualitativo ofrece una evaluación visual y sirve para valorar rápidamente la vulnerabilidad de una edificación, su metodología es fácil de aplicar y uno de sus principales

objetivos es el de proveer al investigador un análisis inicial base, para una investigación más minuciosa posteriormente. Mediante este método se puede efectuar una evaluación rápida, cuando se necesita estudiar la vulnerabilidad de una gran cantidad de edificaciones. El FEMA P-154 es uno de estos métodos que utilizan este procedimiento. (Ludeña, G. 2017).

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. Existen dos niveles de análisis: el Primer Nivel, y adicional a este se tiene un nivel opcional, el Segundo Nivel.

Como ya se mencionó existe también un nivel opcional de análisis, este se define como Segundo Nivel, es un análisis más detallado del edificio. Este nivel de análisis permite al evaluador ajustar la calificación final de la estructura.

En el proyecto además de aplicar la metodología en dos sectores del municipio, también se creará una guía para la aplicación de la metodología, así como una herramienta informática, para evaluar la vulnerabilidad sísmica de la zona deseada.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Delimitación Operativa: Para realizar el análisis de vulnerabilidad sísmica es necesario conocer el método Fema P-154 “Examen visual rápido para detección de edificaciones con potencial de riesgos sísmicos” Tercera edición (2015), el reglamento de construcción sismo

resistente colombiano NSR-10, programas informáticos como AutoCAD, Microsoft Word y Excel, y contar con elementos como cinta métrica y material Fotográfico, para el desarrollo de los diferentes objetivos específicos.

1.5.2 Delimitación Conceptual. El proyecto estará desarrollado dentro de los conceptos de: Vulnerabilidad sísmica, Amenaza sísmica, RVS examen visual rápido, elementos estructurales, Tipos de construcción, irregularidades en planta y altura, códigos de construcción, tipos de suelo, FEMA (agencia Federal para el manejo de Emergencias) de Estados Unidos, colapso de edificación, fallas estructurales, Puntaje S (puntaje de vulnerabilidad estructural).

1.5.3 Geográfica. El análisis de vulnerabilidad sísmica se realizara específicamente en el casco urbano del corregimiento de Otaré, y el barrio Betania del Municipio de Ocaña Norte de Santander

1.5.4 Temporal. Se tiene estimado desarrollar el proyecto en un total de 4 meses, teniendo como fecha de inicio el día de la aprobación de esta propuesta por parte del comité académico.

Capítulo 2: Marco Referencial

2.1 Antecedentes históricos.

El Examen visual rápido para detección de edificaciones con potencial de riesgos sísmicos, se discutió en una serie de documentos que figuran en “Las técnicas para la evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica” (Scawthorn, 1986). La metodología de FEMA 154 se originó poco después en 1988 con la publicación del informe FEMA 154, Manual de Exploración visual rápida de los edificios para los riesgos sísmicos potenciales (FEMA, 1988). Durante la década siguiente a la publicación de la primera edición del manual FEMA 154, el procedimiento de RVS fue utilizado por organizaciones del sector privado y agencias gubernamentales para evaluar más de 70.000 edificios en Estados Unidos (FEMA, 2002a). A través de esta aplicación generalizada, se obtuvo el conocimiento sobre quiénes son los posibles usuarios del procedimiento RVS y del porque pueden usarlo, la facilidad de uso de la Manual, y la exactitud de sistema de puntuación del procedimiento, a nivel internacional, Estados Unidos ha sido pionero en la aplicación del formulario debido a que en ese país se creó el formulario, se han realizado diversas aplicaciones tanto en el sector privado como público, para determinar la vulnerabilidad de edificios, a nivel de Latinoamérica debido a la alta sismicidad del vecino país de Ecuador en el año 2016 se realizó el estudio denominado “Evaluación técnico-visual de estructuras según NEC-SE-re en el sector “la Armenia 1” para la determinación de riesgo ante fenómenos naturales específicos.” En donde se implementó el Manual Fema P-154.

Por otro lado a nivel nacional se han realizado diversos estudios de análisis de vulnerabilidad sísmica, concentrados en la capital de la república, pero es de destacar que solo uno ha utilizado el manual FEMA P-154 en la ciudad de Cali en el año 2017 denominado “Vulnerabilidad sísmica en estructuras de edificaciones indispensables en Santiago De Cali”. Es importante mencionar que a nivel regional no se han realizado estudios de vulnerabilidad sísmica relacionados con el manual Fema P-154 por lo que a nivel regional será nuevo el uso de esta metodología.

2.1.1 Marco Histórico. Concurrentemente con el uso generalizado del documento, terremotos fuertes se produjeron en California y en otros lugares, y nuevas investigaciones y desarrollos se llevaron a cabo en el marco del Programa Nacional de Reducción de Riesgos de Terremoto (NEHRP). Estas investigaciones dieron nuevos e importantes datos sobre el rendimiento de los edificios en los terremotos, distribución esperada, severidad y ocurrencia de sismos provocados por el movimiento de las placas tectónicas.

Los datos e información recopilada durante la primera década después de la publicación (Experiencia en la aplicación del manual original, se obtuvieron nuevos datos de rendimientos de edificaciones ante terremotos y nueva información sobre movimientos telúricos) estos datos se utilizaron para actualizar y mejorar el procedimiento de detección visual rápida previsto en la segunda edición del informe FEMA 154, *Manual “ Examen visual rápido para detección de edificaciones con potencial de riesgos sísmicos ”* (FEMA, 2002b). El procedimiento en la segunda edición mantiene la misma estructura del procedimiento original, pero incorporando un

sistema de puntuación compatible con el criterio del informe FEMA 310. La metodología para estimar los daños y las pérdidas se desarrolló en el Manual Técnico HAZUS (FEMA, 1999).

Las puntuaciones básicas (que se hace referencia en el Segunda edición como “Puntajes Básicos de peligro estructural”) y los modificadores de puntuación se actualizaron mediante cálculos analíticos y las curvas de fragilidad HAZUS para los diferentes tipos de edificios considerados por la metodología RVS.

Al igual que en el Manual original, se creó un formulario de recolección de datos para cada una de las tres regiones de sismicidad: bajo, moderado y alto. Sin embargo, los límites de las regiones bajo, moderado y alto de sismicidad identificadas en la versión anterior del Manual fueron modificados en base a nuevos conocimientos sobre la distribución esperada, la severidad y ocurrencia de los sismos. Además, el intervalo de recurrencia fue cambiado de un período de retorno promedio de 475 años (correspondiente a los movimientos de tierra que tienen un 10% de probabilidad de excedencia en 50 años) a dos tercios de los valores de un período de retorno promedio 2.475 años (correspondiente a movimientos de tierra que tiene una probabilidad de 2% de excedencia en 50 años). La segunda edición del Manual También se acortó para facilitar la aplicación. Se incluye orientación sobre la planificación y gestión de una encuesta RVS y proporciona orientación adicional para identificar el sistema de (Fuerza sísmica resistente) estructural. El formulario de recolección de datos fue revisado para documentar tipo de suelo, el riesgo de caídas de elementos no estructurales, y una lista ampliada de tipos de ocupación.

FEMA desarrolló la segunda edición del manual FEMA 154 a través del Programa Nacional de Formación de Asistencia de terremotos (NETAP). (FEMA, 2015).

2.1.1.1 Tercera edición del manual FEMA P-154. Esta tercera edición del FEMA P-154

Se produce después de la segunda década de uso extensivo del procedimiento, en el cual se ha identificado varias áreas de mejoras necesarias. La tercera edición También tiene en cuenta la evolución de las herramientas asistidas por computador para una aplicación más eficaz del procedimiento. El nuevo formulario posee dos niveles y se describen a continuación:

El primer nivel del formulario recolecta información sobre la descripción de la estructura como: Uso, tamaño, geometría, fotografía, boceto y documentación adicional, de igual forma datos respecto 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 primer nivel del formulario. El evaluador obtendrá la puntuación final al realizar operaciones algebraicas de 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. (Almagro, P.A. Y Paredes, E.X., 2016)

Hay también un nivel opcional de análisis, este se define como Segundo Nivel. El nivel 2 es un análisis más detallado del edificio, para ser realizado se utiliza el formulario del segundo Nivel. 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 el exterior, 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). (Almagro, P.A., Paredes, E.X., 2016)

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 primer y segundo Nivel, como se muestra en el [Apéndice A](#). 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. (Almagro, P.A., Paredes, E.X., 2016)

2.2 Marco conceptual.

A continuación, se definen los conceptos necesarios para el desarrollo del presente trabajo de grado y que son indispensables en la investigación.

2.2.1 Amenaza: La amenaza es una condición con el potencial de causar una consecuencia

indeseable. Una descripción de amenaza a deslizamientos debe incluir las características de éstos, el volumen o áreas de los movimientos, las profundidades, las velocidades y su probabilidad de ocurrencia. La amenaza es la probabilidad de que ocurra un evento sísmico particular en un determinado tiempo. (Ley 1523, 24 de abril de 2012).

2.2.2 Amenaza sísmica: Es el valor esperado de futuras acciones sísmicas en el sitio de interés y se cuantifica en términos de una aceleración horizontal del terreno esperada, que tiene una probabilidad de excedencia dada en un lapso de tiempo predeterminando. (AIS, 2010)

2.2.3 Cargas: Son fuerzas u otras sollicitaciones que actúan sobre el sistema estructural y provienen del peso de todos los elementos permanentes en la construcción, los ocupantes y sus pertenencias, efectos ambientales, asentamientos diferenciales y restricción de cambios dimensionales. Las cargas permanentes son cargas que varían muy poco en el tiempo y cuyas variaciones son pequeñas en magnitud. Todas las otras cargas son cargas variables. (AIS, 2010)

2.2.4 Colapso: Según el manual FEMA P-154 es cuando algún elemento estructural de soporte de cargas como (vigas, columnas, losas o muros cortantes) pierde la capacidad de cargar su propio peso y cualquier otro tipo de carga que este soporte. Estas fallas pueden generar grandes deformaciones estructurales, que pueden llevar al colapso total de todas las partes de la estructuras.

2.2.5 Elementos no estructurales horizontales: Los elementos no estructurales horizontales son aquellos cuya dimensión vertical es substancialmente menor que sus

dimensiones horizontales, y están aplicados, soportados, fijados o anclados a las losas o a la cubierta de la edificación. Estos elementos incluyen, entre otros: formaletería permanente para losas o viguetas, morteros de afinado de piso, rellenos de piso, acabados de piso, rellenos en cubiertas inclinadas, elementos de cubiertas, tejas, membranas impermeables, aislamientos térmicos, claraboyas, cielo raso, alistados, y ductos para servicios. (AIS, 2010)

2.2.6 Formulario de recolección de datos: Es el formulario usado para la (RVS) evaluación visual rápida. La primera página presenta el primer nivel de la evaluación. La segunda página cubre un segundo nivel de evaluación opcional. El formulario de recolección de datos está disponible para sismicidad baja, moderada, moderada-alta, alta y muy alta.

2.2.7 Irregularidades en planta y en altura: 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. (Almagro, P.A., Paredes, E.X., 2016)

2.2.8 Movimiento telúrico: Movimiento de la corteza terrestre (AIS, 2010)

2.2.9 Puntuación básica: Cada tipo de construcción del manual FEMA P-154 tiene una puntuación básica, para cada región sísmica de acuerdo al desarrollo sísmico esperado

2.2.10 Puntaje Final: el puntaje final se encuentra al adicionar o sustraer modificadores de puntaje, del puntaje básico de la edificación según su tipo de estructura clasificada en el manual FEMA. Los puntajes finales generalmente varían en un rango de 0 a 7, los altos puntajes corresponden a una mejor respuesta ante un evento sísmico y a un bajo potencial de colapso. La puntuación final también puede ser usada para estimar la probabilidad de colapso de la edificación.

2.2.11 Rapid Visual Screening (RVS). 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).

2.2.12 Tipos de perfil de suelo. Se definen seis tipos de perfil de suelo, Los parámetros utilizados en la clasificación son los correspondientes a los 30 m superiores del perfil para los perfiles tipo A a E. Aquellos perfiles que tengan estratos claramente diferenciables deben subdividirse. Para el perfil tipo F se aplican otros criterios y la respuesta no debe limitarse a los 30 m superiores del perfil en los casos de perfiles con espesor de suelo significativo. (AIS, 2010)

2.2.13 Tipos de sistemas estructurales: Se reconocen cuatro tipos generales de sistemas estructurales de resistencia sísmica, los cuales se definen en esta sección. Cada uno de ellos se subdivide según los tipos de elementos verticales utilizados para resistir las fuerzas sísmicas y el

grado de capacidad de disipación de energía del material estructural empleado. Los sistemas estructurales de resistencia sísmica que reconoce el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 son los siguientes: Sistema de muros de carga, Sistema combinado, Sistema de pórtico y Sistema dual. (AIS, 2010)

2.2.14 Vulnerabilidad: Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. (Ley 1523, 24 de abril de 2012).

2.2.15 Vulnerabilidad sísmica: Es la debilidad que presenta una edificación u objeto frente a un evento que representa una peligrosidad, el cual al presentarse le generará daños. (Benjamín, J. & Lockhart S., 2015)

2.3 Marco teórico.

2.3.1 Evaluación sísmica de estructuras existentes utilizando el método FEMA P-154

La aplicación del método cualitativo FEMA P-154 para el análisis de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones, está diseñado para ser realizado sin efectuar cálculos de análisis estructural. El método permite registrar datos relacionados a la edificación, en 5 diferentes formularios, dependiendo la sismicidad, ofreciendo como resultado una puntuación que determinará si se requiere una evaluación más detallada.

2.3.2 Zonas de amenaza sísmica: Según la norma sismo resistente colombiana Las edificaciones debe localizarse dentro de una de las zonas de amenaza sísmica que se definen en la **Tabla 1** Y que están presentadas en los Mapas de la Figura 1 y la Figura 2.

Zona de amenaza sísmica baja: Es el conjunto de lugares en donde tanto **Aa** como **Av** son menores o iguales a 0.10. Véase la Tabla 1.

Zona de amenaza sísmica intermedia: Es el conjunto de lugares en donde **Aa** o **Av**, o ambos, son mayores de 0.10 y ninguno de los dos excede 0.20. Véase la Tabla 1.

Zona de amenaza sísmica alta: Es el conjunto de lugares en donde **Aa** o **Av**, o ambos, son mayores que 0.20. Véase la Tabla 1. (AIS, 2010)

Tabla 1

Nivel de amenaza sísmica según valores de Aa y de Av

Mayor valor entre Aa y Av	Asociado en mapas de las figura 1-2 y a Región	Amenaza Sísmica
0.50	10	Alta
0.45	9	Alta
0.40	8	Alta
0.35	7	Alta
0.30	6	Alta
0.25	5	Alta
0.20	4	Intermedia
0.15	3	Intermedia
0.10	2	Baja
0.05	1	Baja

Nota: Adaptación de la Tabla A.2.3-1 NSR-10

Fuente: Nsr-10

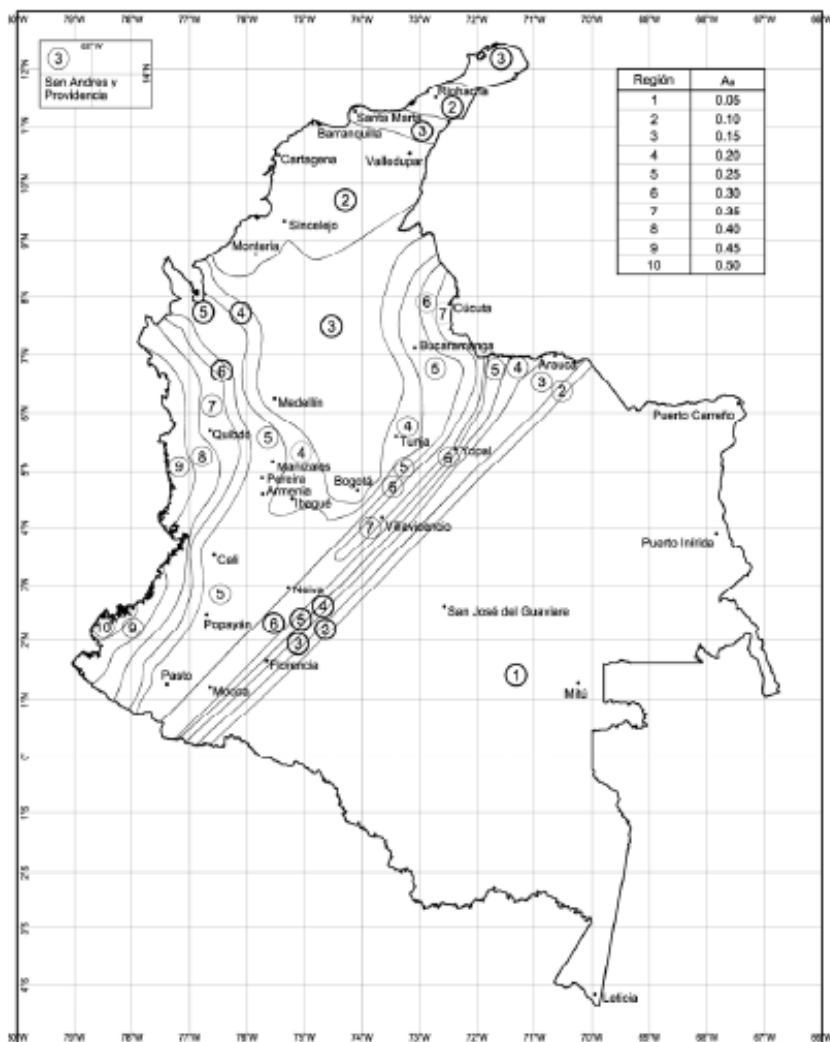


Figura 2: Mapa de valores de Aa

Fuente: Nsr-10

En ese orden de ideas el reglamento de construcción sismo resistente colombiano divide en tres zonas la amenaza sísmica baja, intermedia y alta, sin embargo la metodología FEMA P-154 Considera cinco zonas de amenaza sísmica que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2*Determinación de la región de sismicidad por espectro de aceleración*

Amenaza sísmica	Spectral Acceleration response, SS (short-period, or 0.2 seconds)	Spectral Acceleration Response, S1 (long-period, or 1.0 second)
Baja	< 0.25g	< 0.10g
Moderada	$\geq 0.25g < 0.50g$	$\geq 0.10g < 0.20g$
Moderada- Alta	$\geq 0.50g < 1.0$	$\geq 0.20g < 0.40g$
Alta	$\geq 1.0 < 1.50$	$\geq 0.40g < 0.60g$
Muy Alta	≥ 1.50	$\geq 0.6g$

Nota 1: g = Aceleración de la gravedad en dirección horizontal

Nota 2: Adaptación de la tabla 2-2 FEMA P-154, 2015

Por esta razón es necesario realizar la configuración del manual FEMA P-154 con la norma Colombiana NSR-10, que se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3*Configuración de la zona de amenaza sísmica entre FEMA P-154 y la NSR-10*

Zona de sismicidad	S1	Amenaza sísmica	Aa
<i>Baja</i>	< 0.10g	<i>Baja</i>	< 0.10g
<i>Moderada</i>	$\geq 0.10g < 0.20g$	<i>Intermedia</i>	$\geq 0.10g < 0.20g$
<i>Moderada-Alta</i>	$\geq 0.20g < 0.40g$	<i>Alta</i>	$\geq 0.20g < 0.40g$
<i>Alta</i>	$\geq 0.40g < 0.60g$	<i>Alta</i>	$\geq 0.40g < 0.50g$
<i>Muy alta</i>	$\geq 0.6g$	<i>N/A</i>	<i>N/A</i>

Fuente: Autores, 2019.

De acuerdo a los valores de los mapas de las figuras 1 y 2, el reglamento NSR-10 considera 4 de las 5 zonas de amenaza sísmica, para seleccionar el formulario correcto es necesario verificar el valor de Aa, para poder clasificarlo en la Tabla 3 y utilizar el formulario RVS indicado, según la zona de amenaza sísmica.

2.3.3 Recolección de datos formulario FEMA P-154. El formulario de recolección de datos se completa para cada evaluación de edificación a través de la ejecución de los siguientes pasos:

1. Verificación y actualización de la información de identificación de los edificios.
2. Caminar alrededor del edificio para identificar el número de pisos y la forma, además de una revisión de la vista en planta y en altura para el formulario de recolección de datos.
3. Fotografía de la edificación
4. Determinar y documentar la ocupación
5. Revisar el tipo de suelo y las amenazas geológicas, como un requisito durante el proceso de planeación.
6. Identificar problemas, irregularidades del edificio y cualquier amenaza potencial de caída de elementos exteriores.
7. Agregar comentarios sobre condiciones o circunstancias inusuales que puedan afectar la evaluación.
8. Identificar el material del edificio, sistema de soporte de cargas y sistema resistente de fuerzas sísmicas, de acuerdo al manual FEMA P-154 (Ingresando al edificio, si es posible, para facilitar este proceso) y seleccionando el puntaje básico del formulario de recolección de datos.

Las dimensiones de los elementos estructurales, calidad de los materiales y forma de la estructura también son requeridas para el cálculo de cargas y de modelado de estructuras.

2.3.4 Ventajas principales del método de RVS. Dentro las ventajas de este método se encuentra en que se puede realizar rápidamente además que los evaluadores no necesariamente deben ser ingenieros estructurales. El procedimiento de este Manual ha sido diseñado para reducir al mínimo la ambigüedad y limitar la necesidad del juicio de un experto estructural, como se señaló anteriormente, se llena un nicho único en el espectro de herramientas disponibles de evaluación sísmica, debido a que otras herramientas requieren un mayor esfuerzo, experiencia y costo. Utilizando el método FEMA P-154 las evaluaciones pueden efectuarse de forma rápida, grandes carteras de edificios se pueden evaluar en una manera rentable. El método también ha sido utilizado por muchas personas y jurisdicciones de diferentes partes de los Estados Unidos durante más de 25 años. Como resultado, se ha tenido un largo historial de uso real que ha servido para actualizar tanto la segunda como la tercera edición del manual. (FEMA, 2015)

2.3.5 Limitaciones La ventaja principal del método RVS muestra sus limitaciones intrínsecas, Debido a que la evaluación a menudo está limitada sólo desde el exterior, sin el beneficio en ocasiones de poder ingresar a la misma o sin que se disponga de planos y cálculos estructurales hace que haya una disminución en la exactitud de la metodología, que si se la compara con aquellas que requieren una evaluación más detallada, demorada y costosa. Determinar el sistema resistente de fuerzas sísmicas es integral con el método (y cualquier evaluación sísmica).

Es probable 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).

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. En la revisión de planos puede ser posible detectar las deficiencias que no pueden ser vistas en una revisión visual rápida. El método RVS no incluye cálculos, por lo que las evaluaciones de la capacidad sísmica se basan en consideraciones más generales relacionados con el tipo de edificio, irregularidades geométricas, y las condiciones del suelo del sitio. Debido a que a menudo un gran número de edificios son examinados y el nivel de experiencia puede variar ampliamente, hace que los errores sean inevitables, lo que crea limitación y desventaja en el método.

2.4 Marco legal.

2.4.1 Decreto 1400 del 7 de junio de 1984. Por medio del cual se adoptaba para uso obligatorio en todo el territorio nacional el "Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes".

2.4.2 Ley 400 del 19 de Agosto de 1997. A través de la Ley 400 se acogió de manera definitiva y con carácter permanente el alcance de la legislación relativa la reglamentación sismo resistente, facultando al Gobierno para que a través del ejercicio de la potestad reglamentaria

actualice las normativas en aquellos aspectos técnicamente aconsejables y que de tiempo en tiempo se requieran para una mejor implementación de las nuevas técnicas y avances tecnológicos.

2.4.3 Decreto 33 del 9 de enero de 1998. Una vez aprobada la Ley 400 de 1997 se consignaron todas estas investigaciones en una actualización de la reglamentación de sismo resistencia la cual se denominó Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-98). Esta actualización fue expedida por medio del Decreto 33 del 9 de Enero de 1998 con base en la autorización que al respecto concede la Ley 400 de 1997.

2.4.4 Decreto 926 del 19 de marzo de 2010 - Reglamento NSR-10. Por medio del decreto 926 del 19 de marzo de 2010, el gobierno nacional expidió el reglamento nsr-10, cuyo contenido se describe más adelante. Este decreto se expidió con base en la potestad reglamentaria que da la ley 400 de 1997 y deroga los decretos 33 de 1998, 34 de 1999, 2809 de 2000 y 52 de 2002. Además indica que entra en vigencia el día 15 de julio de 2010 y además permite a quienes tramiten licencias de construcción acogerse a sus requisitos en el lapso entre la publicación en el diario oficial del decreto 926 de 2010 y la fecha en que entra en vigencia. El contenido del reglamento se ajusta en todo a lo establecido en la ley 400 de 1997.

2.4.5 Ley 1523 del 24 de abril del 2012. Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.

Capítulo 3: Diseño metodológico

Para desarrollar el presente trabajo de grado, será necesario utilizar una metodología estructurada en los siguientes pasos:

Realizar una revisión del estado del arte y una recopilación sobre el manejo y la implementación del manual “Examen visual rápido para detección de edificaciones con potencial de riesgos sísmicos” desarrollado por la Federal Emergency Management Agency (FEMA P-154), su tercera edición fue reglamentada en enero de 2015.

Adaptación del formato RVS (Rapid Visual Screening) Examen Visual Rápido, versión 2015, para cada zona de amenaza sísmica.

Inspección, levantamiento y procesamiento de formularios (RVS) de las edificaciones que componen el corregimiento de Otaré y el barrio Betania del municipio de Ocaña, Norte de Santander

Digitalización de datos, para establecer la puntuación final (S), y así conocer la vulnerabilidad por edificación, por corregimiento y por barrio, además se esperan definir qué tipo de construcción y método constructivo son los que poseen mayor vulnerabilidad sísmica.

Luego se generara una guía para la aplicación del método FEMA P-154 en cualquier edificación del país, que este dentro del alcance de la guía.

También se creará un aplicativo por medio de Excel, en donde se podrá realizar los análisis de vulnerabilidad de forma rápida, para las diferentes zonas sísmicas de diseño.

Y por último se elaborará un mapa de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones del corregimiento de Otaré y del barrio Betania del municipio de Ocaña, Norte de Santander.

3.1 Tipo de investigación

El presente proyecto se realizara por medio de una investigación de tipo descriptiva debido a que se analizara la vulnerabilidad sísmica del corregimiento de Otaré y del barrio Betania por medio de la metodología FEMA P-154 para poder establecer la puntuación final (S), que es la cuantificación de la vulnerabilidad sísmica de una edificación.

3.2. Población y muestra

La población de estudio será las edificaciones del municipio de Ocaña, Norte de Santander, sin embargo se realizara el análisis de vulnerabilidad al corregimiento de Otaré, conformado por 152 edificaciones que en su mayoría están construidas con mampostería sin refuerzo y al barrio Betania, en el cual hay 115 viviendas en donde se puede encontrar diferentes tipos de construcción como, mampostería sin refuerzo, mampostería con refuerzo, pórticos de concreto reforzado, estructuras prefabricadas y estructuras mixtas, por recomendación del Jurado científico, experto en la materia se realizara el análisis de vulnerabilidad a las 267 edificaciones que conforman el barrio Betania y al corregimiento de Otaré.

3.3. Recolección de la información.

La técnica de recolección de información que se utilizará en la ejecución de este proyecto se realiza mediante uso de fuentes primarias, en donde por medio de visitas técnicas se empleará la metodología FEMA P-154 que se basa en la inspección visual de la edificación a evaluar y en el registro de datos en uno de los cinco formularios.

El formulario es seleccionado de acuerdo a la zona de riesgo sísmico (baja, moderada, moderada-alta, alta o muy alta sismicidad), sin embargo el reglamento colombiano clasifica solo en tres zonas de amenaza sísmica al país, por lo tanto es necesario utilizar la Tabla 3, primero se debe seleccionar el municipio o ciudad en donde se realizará el análisis, luego por medio de la NSR-10 determinar el parámetro A_a y por último determinar la zona sísmica y el formulario a usar, **Tabla 2** para el municipio de Ocaña, Norte de Santander corresponde el formulario para zona de amenaza Moderada-Alta.

La vulnerabilidad sísmica es determinada mediante una puntuación final “S”; la misma es obtenida partiendo de un puntaje básico de acuerdo al tipo de construcción (el manual muestra 17 diferentes tipos de construcciones) más la puntuación que poseen los modificadores, que el método considera importantes en un edificio ante un sismo, como: altura, irregularidades en planta y elevación, código de construcción y tipo de suelo. Si el puntaje final obtenido es menor o igual a dos ($S \leq 2$), la edificación necesita una evaluación más detallada.

En el caso del municipio de Ocaña la amenaza está clasificada como intermedia con valores de $A_a = A_v = 0.2g$ por lo tanto se utilizara el formulario de recolección de datos para una zona de amenaza sísmica Moderada-Alta.

3.4 Análisis y procedimientos de datos

El índice de vulnerabilidad (S), para una edificación, se determina mediante la suma y/o resta de los valores de los modificadores mencionados anteriormente. Una vez obtenido el puntaje final S, el evaluador deberá marcar con una X o visto el grado de vulnerabilidad de la estructura. Si S es mayor a 2.5 se considera que la estructura tiene una vulnerabilidad baja, si resultado S esta entre 2 y 2.5 se considera una edificación de vulnerabilidad media y si el puntaje final S es menor a 2, entonces será una estructura de alta vulnerabilidad y requerirá una evaluación especial, realizado por un ingeniero experto en diseño estructural.

Fundamentalmente, el puntaje final (S), es una estimación o probabilidad de que la edificación colapsará si se produce un evento sísmico. Esta estimación se basa en los modificadores antes mencionados y en la habilidad del profesional a cargo de la evaluación para tomar los datos correctos; por lo tanto es una calificación de vulnerabilidad frente a eventos sísmicos aproximada. Por ejemplo, una puntaje (S) = 2 implica que hay una probabilidad de 1 en, 100 de que la edificación colapse. Además, como se indicó anteriormente, si por algún motivo, no se puede determinar la tipología de la estructura, y el acceso a la edificación es imposible, el evaluador deberá eliminar aquellos sistemas estructurales que sean imposibles para la estructura en estudio y calificar las posibles opciones que quedan. El resultado final (S), que se considere será el de menor valor y se marcará el grado de vulnerabilidad de la estructura.

Una vez estimados los puntajes de vulnerabilidad sísmica de cada una de las edificaciones que componen al corregimiento de Otaré y el barrio Betania, se podrá conocer cuál es el índice de vulnerabilidad de estos sectores y definir qué tipo de edificaciones son más vulnerables.

La información tomada en la recolección de datos se presentará por medio de gráficos y porcentajes en diferentes tópicos como tipo de estructura, tipo de irregularidades y demás cualidades del estudio, además se presentaran imágenes en donde se indique la vulnerabilidad cuantificada del corregimiento de Otaré, del barrio Betania y del compilado general del estudio.

Capítulo 4: Desarrollo del proyecto

Para realizar el análisis de vulnerabilidad sísmica en el corregimiento de Otaré y el barrio Betania del municipio de Ocaña, por medio del formato de recolección de datos (RVS). De acuerdo al diseño metodológico se estructuró una secuencia, pautada por los diferentes objetivos específicos que a medida su elaboración y cumplimiento, permitieron culminar el análisis y determinar la vulnerabilidad de las zonas estudiadas, además de explicar claramente el modo de uso de la metodología FEMA P-154.

4.1 Efectuar una recopilación sobre la metodología, aplicación y conceptos de la tercera edición de la guía para el examen visual rápido de edificaciones con potencial de amenaza sísmica. FEMA P-154

Para desarrollar el primer objetivo es necesario fundamentarse en el manual FEMA P-154, Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards – A Handbook, Third Edition (FEMA, 2015). Todo 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). Sin embargo la presente investigación se centró en la aplicación y el uso del FEMA P-154.

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. Para realizar el análisis de vulnerabilidad sísmica en las zonas de estudio, se ha creado una traducción e interpretación de la norma FEMA P-154, donde se especifica cada uno de los parámetros a tener en cuenta en una rápida evaluación técnica visual de estructuras. El resultado de esto también podrá servir para: implementar programas de mitigación de riesgos para una región delimitada, inventario de edificaciones según su uso, etc. Este manual para el uso del formulario de evaluación visual rápida de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones se centra en tres actividades principales: planificación, recopilación de datos (formulario) e interpretación. A continuación se detallará estas tres actividades importantes para entender este manual. (Almagro, P.A., Paredes, E.X., 2016)

4.1.1 Planificación: Una vez que se decida que se va a implementar este proceso de evaluación, se debe tener un pleno conocimiento tanto autoridades, profesionales y dueños de edificaciones a cerca del propósito de esto y cómo se llevará a cabo.

La planificación de una evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica incluye los siguientes factores (Ministerio de Desarrollo urbano y vivienda de Ecuador, 2016):

1. Desarrollar un presupuesto en el que se incluya una posible extensión del proyecto y para posterior utilización de los resultados obtenidos. Además se debe tener en cuenta los costos de capacitación del personal que va a realizar las evaluaciones.

2. Realizar un reconocimiento al sitio donde se va a implementar esta evaluación; esto incluye identificar los tipos de construcciones, una compilación de mapas de riesgo sísmico, tipo de suelo del sitio, mapas de deslizamiento de tierra, mapa de fallas, etc. Los sitios que tendrán mayor prioridad son los más antiguos o donde se conozca que tengan un alto riesgo frente a un posible sismo. Otro aspecto importante es la interacción con profesionales (arquitectos o ingenieros civiles) del sitio, donde se podrá discutir el tipo, diseño, edad de las edificaciones, etc. También se puede visitar a los diferentes municipios donde se realice el estudio en busca de información complementaria. Si el presupuesto del estudio no alcanza para una vista previa, se puede usar las diferentes aplicaciones de navegación. De igual manera, se puede usar artículos científicos que puedan brindar información importante (tipo de suelo donde se encuentra la edificación por ejemplo) para realizar el trabajo.

Parte de la planificación es decidir cómo se va a identificar a cada uno de las edificaciones. Fema P-154 sugiere identificarles por la dirección (nombre de calle principal) o mucho mejor con el número de la edificación si tuviese.

3. Se necesita un pleno conocimiento del formulario que se utiliza para realizar esta evaluación. El formulario proporciona espacio para registrar: la información de identificación del edificio, un boceto en planta y altura de la edificación, una fotografía, tipología del sistema estructural, tipo de suelo donde esta cimentado, etc. Mediante lo explicado y otros parámetros adicionales que se mencionarán más adelante, se obtiene un puntaje final de la estructura, donde se muestra si esta necesita un estudio más detallado o no. Las edificaciones con mayores puntajes serán menos vulnerables frente a un evento sísmico.

4. Se seleccionará y preparará al personal que sea el encargado de realizar esta evaluación, mediante charlas y/o cursos que puedan asegurar un conocimiento y calidad en los datos recogidos mediante las visitas. Esta capacitación por lo menos debe contar con los siguientes temas: Tipos de sistemas estructurales usados en el país, tipos de suelos, comportamiento de estructuras frente a sismos, Conocimiento de formulario, datos que se debe buscar en las visitas, y tratamiento de incertidumbres que pueda causar esta evaluación y ejemplos.

5. Mientras sea posible, antes de la visita, se puede pedir un plano arquitectónico y/o estructural de la o las edificaciones a evaluar, lo cual facilitará la inspección de campo, verificando la información prevista con anterioridad que puede ser edad, tamaño, tipo de sistema estructural e irregularidades.

6. El siguiente paso es la visita de campo donde se tendrá que realizar por lo menos lo siguiente:

- Verificar la información de los planos de la edificación (si fue posible conseguirlos)
- Caminar, rodeando el edificio, recopilando detalles para realizar un boceto de la edificación de planta y elevación si es posible.
- Determinar el tipo de ocupación, edad del edificio, área construida, edad de remodelación y el tipo del suelo si no se ha determinado en los trabajos previos de planificación.
- Identificar el sistema estructural, esto se facilitara ingresando a la edificación (a los subsuelos si es el caso de un edificio). Mientras se visita el edificio se llena el formulario, para evitar olvidar algunos datos de este.

- Por último, verificando que todos, o la mayoría de los datos del formulario estén completos se toma una fotografía exterior (acceso principal) de la edificación y se prosigue con la siguiente.

La calificación de la estructura se recomienda realizarlo después, en oficina.

4.1.2 Selección de los Formularios de Recolección de Datos. Cada uno de los Formularios de Recolección de Datos tiene primer y segundo nivel y ha sido desarrollado para cinco regiones sísmicas específicas. Los formularios varían en cuanto a los valores de la Puntuación inicial y los modificadores de la puntuación, así como en el criterio de calificación que se prevé en la página del segundo Nivel, la variación de valores está en función del formulario que se utilice.

4.1.2.1 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 (Ver Figura 1 y Figura 2 y Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3) la herramienta de la cual se puede obtener los valores de aceleración espectral específicos para el sitio para periodo corto S_s y para un segundo S_1 .

Una vez que se ha determinado los valores de S_s y S_1 con la ayuda de la Tabla 2 y Tabla 3 se puede determinar la región sísmica del lugar que se está analizando para conocer que formulario (RVS) se utilizara debido a que este está en función de la zona de amenaza sísmica.

4.1.2.2 Modificación opcional del formulario de recolección de datos: El formulario de recolección de datos puede ser usado como se presenta en el manual o modificado por el director o el ingeniero supervisor de acuerdo a las necesidades del programa. Durante el proceso de la modificación es sumamente importante no cambiar ni suprimir ningún valor de los puntajes básicos, de los modificadores de puntajes ni de las especificaciones consignadas en el segundo nivel.

4.1.2.3 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:

1. El año en el cual los códigos sísmicos fueron adoptados y aplicados
2. 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 del primer Nivel de los Formularios de Recolección de Datos (FEMA, 2015). En Colombia la construcción está reglamentada por ley desde 1984, cuando fue expedido el código colombiano de construcción, la cual fue renovada en el año 1998 y que fue actualizada por última vez con el reglamento colombiano de construcción sismo resistente nsr-10

4.1.2.4 Determinación del nivel límite de calificación "cut-off" Para esta 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).

4.1.3 Capacitación y entrenamiento de inspectores: el primer nivel del examen puede ser ejecutado por una amplia cantidad de individuos como ingenieros civiles, ingenieros estructurales, arquitectos, diseñadores profesionales, oficiales de construcción, contratistas, bomberos, estudiantes de ingeniería o arquitectura o cualquier persona que tenga conocimientos o relación con el sector de la construcción.

4.1.4 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).

4.1.4.1 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).

4.1.4.2 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). 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.

Según la norma colombiana NSR-10, la clasificación se presenta en la Figura 3.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{v}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100$ kPa (≈ 1 kgf/cm ²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$, o $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u \geq 50$ kPa (≈ 0.5 kgf/cm ²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$180 \text{ m/s} > \bar{v}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $50 \text{ kPa} (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. 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 > 36 m)	

Figura 3. Tabla A.2.4.1. Clasificación de los perfiles de suelo. (AIS, 2010)

4.1.5 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.

Es indispensable seleccionar el formulario correcto, dependiendo de la categoría sísmica 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 [apéndice A](#) se encuentran los formularios para las diversas zonas sísmicas.

4.1.5.1 Información de identificación de la Edificación. La información de esta sección es recomendable que se la haya identificado en los trabajos de planificación antes de la evaluación en campo, la sección recoge información de la construcción sobre: dirección, nombre de la edificación, uso, latitud, longitud, valores de aceleración espectral específicos para el sitio para periodo corto S_s y para un segundo S_1 (FEMA, 2015), así mismo es importante conocer el registro del nombre del evaluador que ejecuta la investigación y la fecha y hora de realización de la misma.

4.1.5.2 Características de la edificación

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 renovación "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, en este caso en la secretaria de planeación, 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, estos mismos sistemas se encuentran divididos por juntas, las cuales en ciertos casos se han implementado precisamente para 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). [Ver apéndice B](#)

4.1.5.3 Memoria Fotográfica y Bosquejo de la Estructura: La memoria fotográfica y el bosquejo son de gran importancia 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).

4.1.5.4 Ocupación de la edificación

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 misma edificación se debe encerrar en círculo 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).

4.1.5.6 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 debe determinar al momento que se realice la visita de campo, en la evaluación y gestión 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).

4.1.5.7 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 Figura 4).

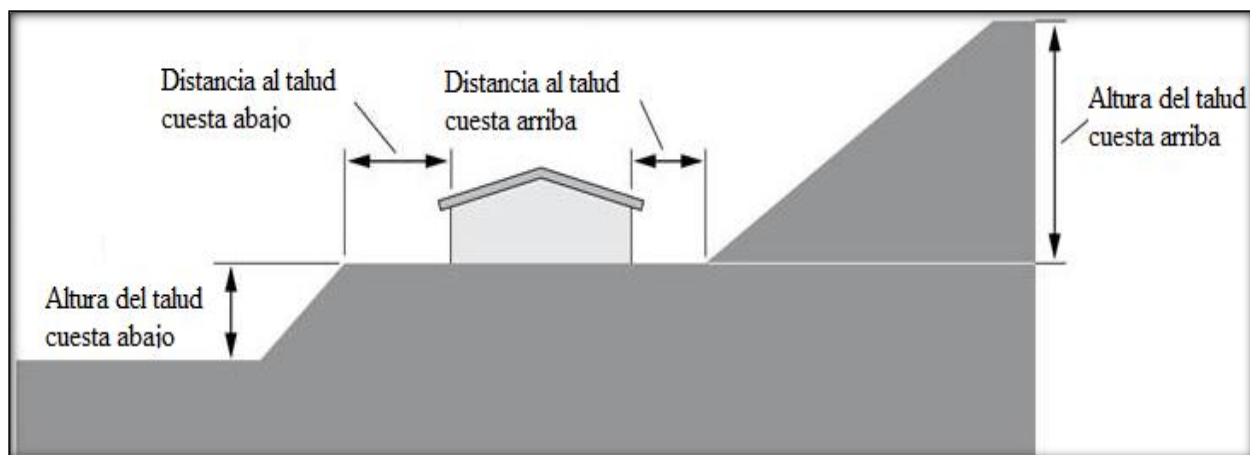


Figura 4. Edificación con riesgo potencial de deslizamiento.

Fuente: (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 13.)

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).

4.1.5.8 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 primer nivel. 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, que se puede observar en la Tabla 4

Tabla 4

Separaciones mínimas para diferentes regiones sísmicas

Zona de amenaza sísmica	Separación mínima
Muy alta	2 pulgadas por piso
Alta	1 ½ pulgadas por piso
Moderadamente alta	1 pulgada por piso
Moderado y bajo	½ pulgada por piso

Adaptado de (FEMA, 2015).

Fuente: (Almagro, P.A., Paredes, E.X., 2016)

Esta separación mínima se puede observar visualmente en la

Figura 5.

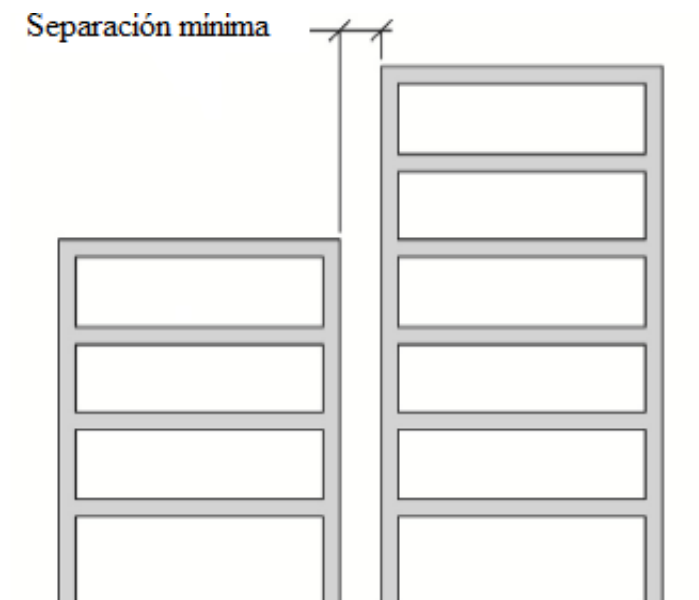


Figura 5. Definición de la separación mínima entre edificaciones, Adaptado de (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 14.)

Se considera como posible efecto de golpeteo cuando la separación mínima no se cumple, o que se presente uno de los siguientes aspectos:

- 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 ver Figura 6. (FEMA, 2015).

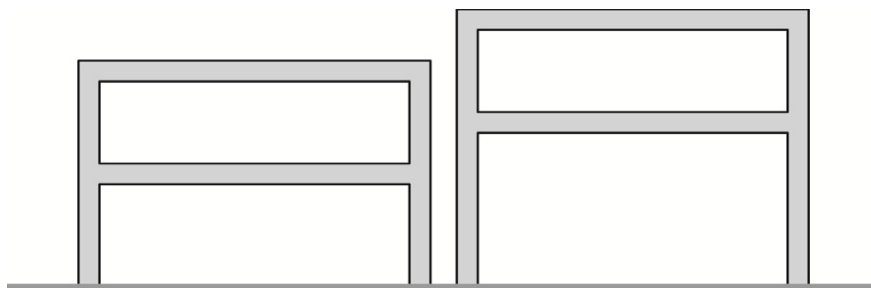


Figura 6 . Edificaciones con pisos no alineados verticalmente, Adaptado de (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 14.)

- Cuando una edificación tiene 2 más pisos que su edificación vecina; el daño se concentrará 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). Ver Figura 7.

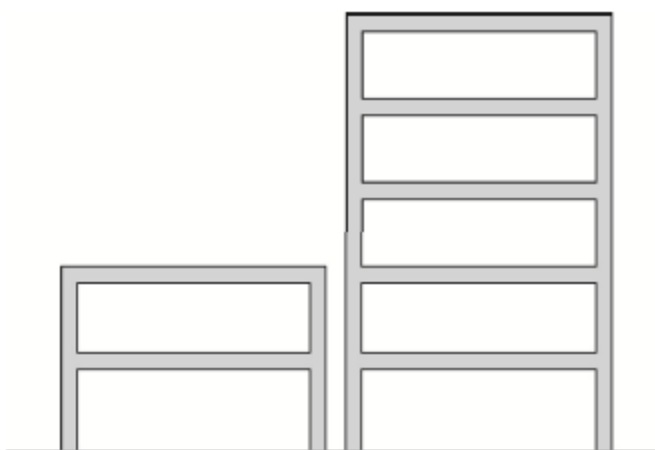


Figura 7. Ilustración esquemática de edificaciones con diferente altura Adaptado de (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 15.)

- 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). Ver Figura 8.



Figura 8. Ilustración esquemática del final de las edificaciones Adaptado de (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 15.)

[Ver apéndice C](#) (adyacencia y golpeteo)

4.1.5.9 Irregularidades. La mayoría de las edificaciones debido a sus condiciones arquitectónicas, funcionales o económicas generalmente poseen 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.

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).



Figura 9. Edificaciones en un terreno con pendiente

Fuente: (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 17.)

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 confinados (FEMA, 2015). Los cripple walls se consideran sin confinamiento cuando la pared exterior no está recubierta por madera contrachapada, sino más bien por estuco o un recubrimiento de madera de otro tipo

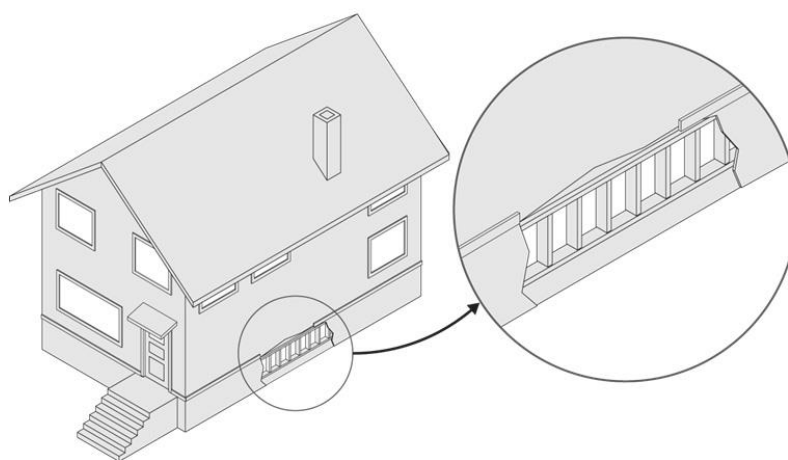


Figura 10. Edificación tipo W1 con paredes cortas

Fuente (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 18.)

Se debe considerar un modificador de calificación de irregularidad vertical severo si se cumple alguna de las siguientes condiciones: Para la condición mostrada en la Figura 11 además de que los cripple walls no estén confinados, y que el sótano se encuentre ocupado (FEMA, 2015).

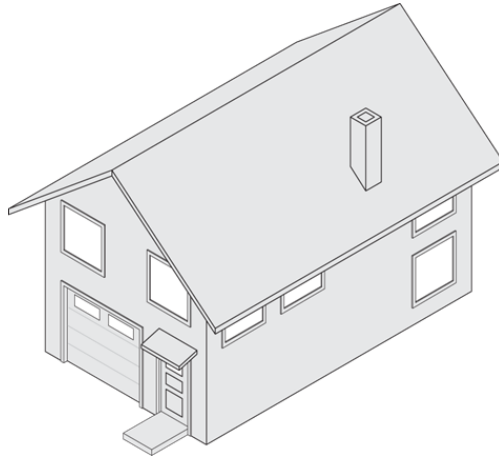


Figura 11. Edificación del tipo W1 con cripple walls y espacio ocupado sobre el garaje.

Fuente: (FEMA, 2015, Capítulo 3 págs. 18.)

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 W1-A, se tenga un frente abierto en la planta baja, que se deja como espacio para parqueaderos generalmente (FEMA, 2015).

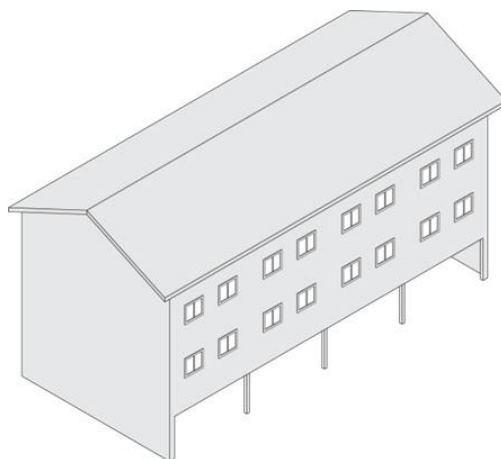


Figura 12. Edificación del tipo W1 con piso débil, por los requerimientos para parqueadero

Fuente: (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 18.)

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).

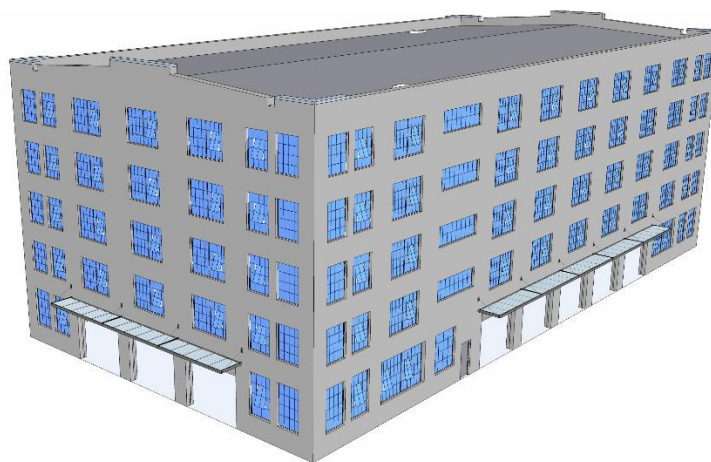


Figura 13. Edificación que tiene un piso débil, debido a las grandes aberturas en la planta baja del mismo.

Fuente: (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 19.)

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).

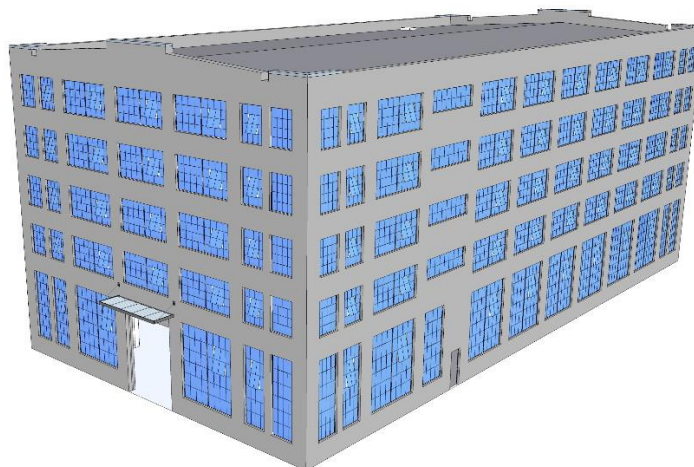


Figura 14. Edificación que tiene piso blando debido a la gran altura de uno de sus pisos en comparación con los otros.

Fuente: (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 19.)

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 en la sección de comentarios sobre la existencia de esa incertidumbre. (Almagro, P.A., Paredes, E.X., 2016)

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).

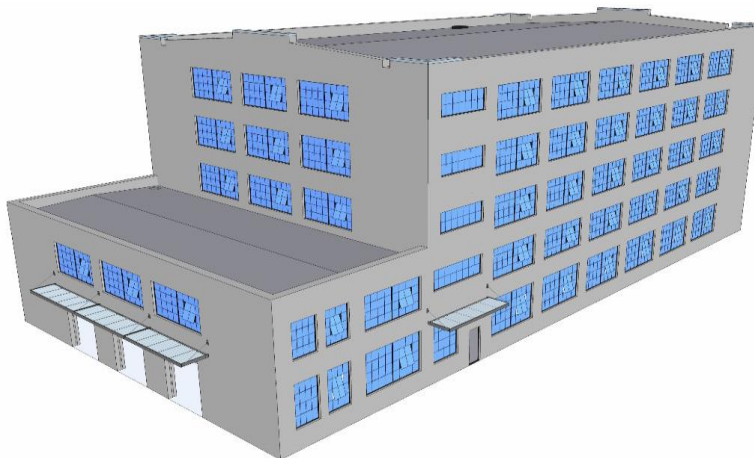


Figura 15. Edificación con discontinuidad fuera del plano en el tercer piso.

Fuente: (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 20.)

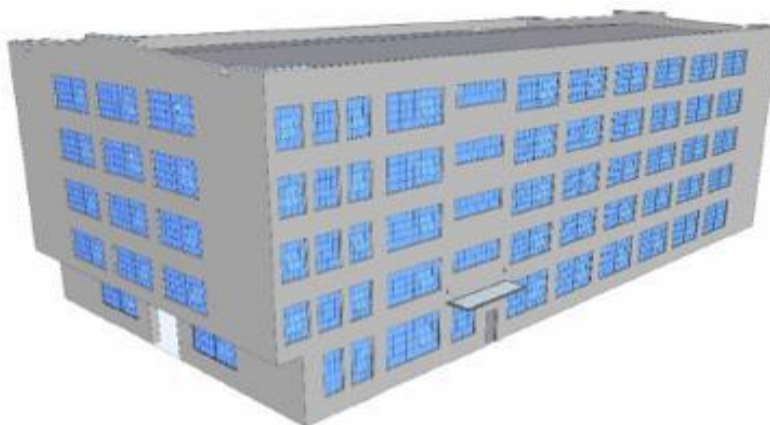


Figura 16. Edificación con discontinuidad fuera del plano debido a que los pisos sobre la planta baja se encuentran en voladizo.

Fuente: (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 21.)

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 confinados o muros de corte. La discontinuidad en el plano se define como una irregularidad vertical moderada (FEMA, 2015).

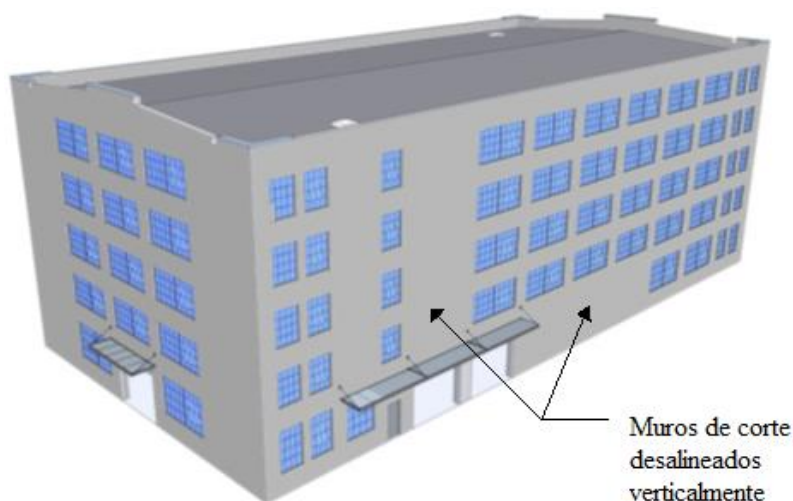


Figura 17. Discontinuidad en el plano del sistema sísmico resistente.

Fuente: (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 21.)

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 sísmico resistente (FEMA, 2015).

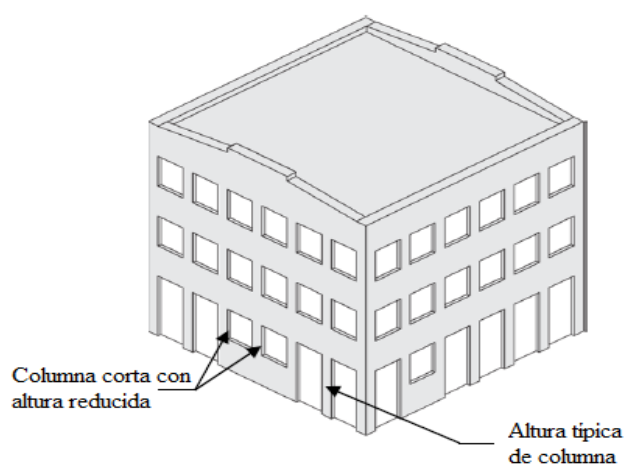


Figura 18. Aberturas de muro irregulares

Fuente: FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 23.

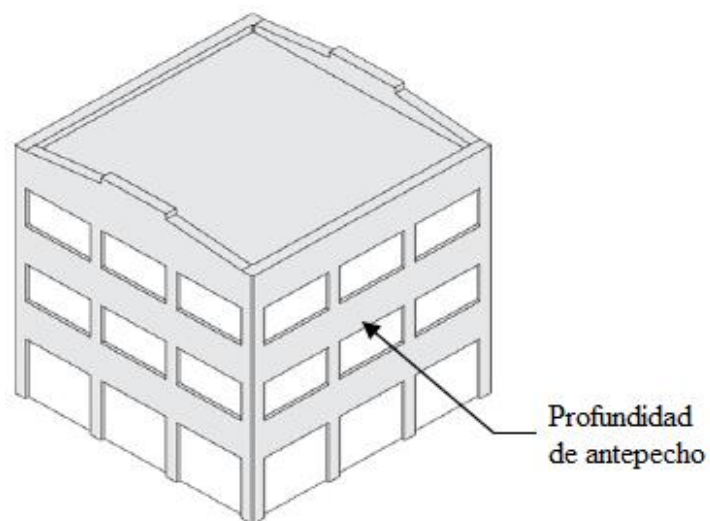


Figura 19. Columna corta debido a antepechos

Fuente: FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 23.

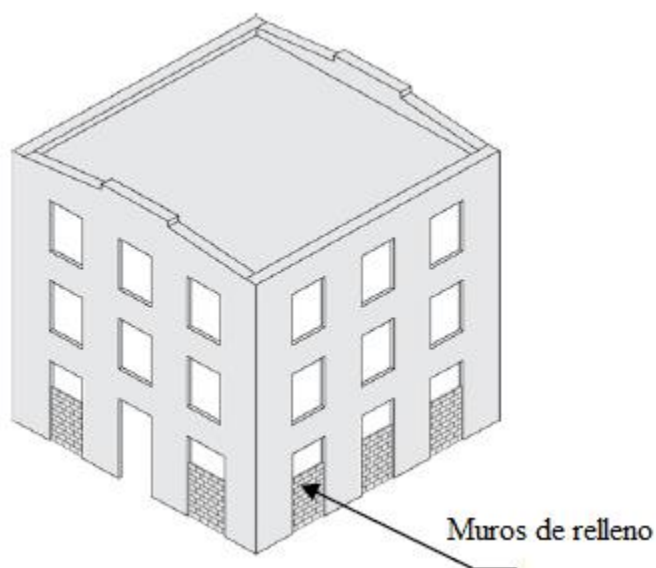


Figura 20. Columna corta debido a Muros de relleno.

Fuente: (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 23.)

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).

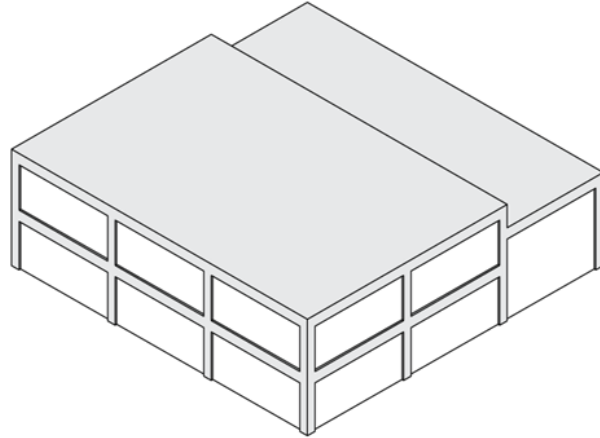


Figura 21. Niveles desplazados

Fuente: (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 23.)

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.



Figura 22. Bosquejo de edificación sin irregularidades

Fuente: FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 24.



Figura 23. Bosquejo de edificaciones con irregularidades.

Fuente: FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 25.

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) ver Figura 23.

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).



Figura 24. Edificación con sistema no paralelo

Fuente: FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 26.

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).

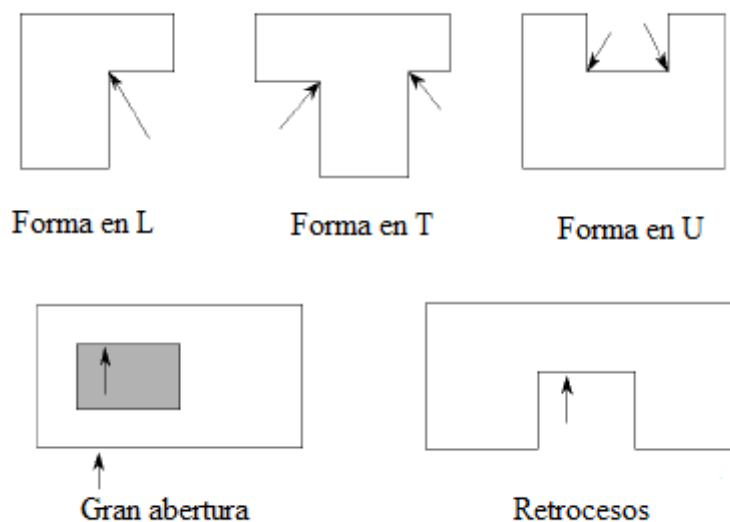


Figura 25. Vista en planta de edificaciones con retrocesos

Fuente: FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 26.

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.

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).

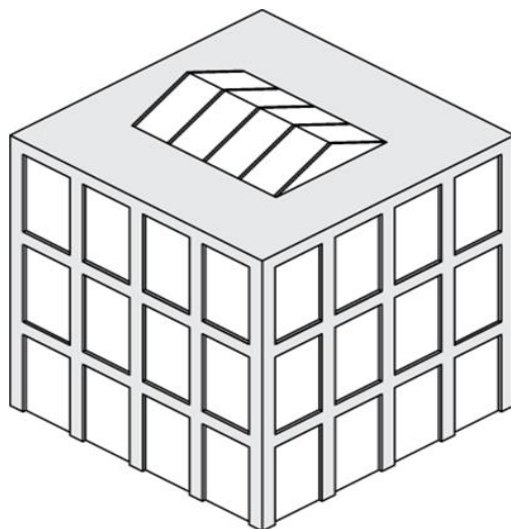


Figura 26. Discontinuidad en el sistema de piso

Fuente: (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 27.)

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).

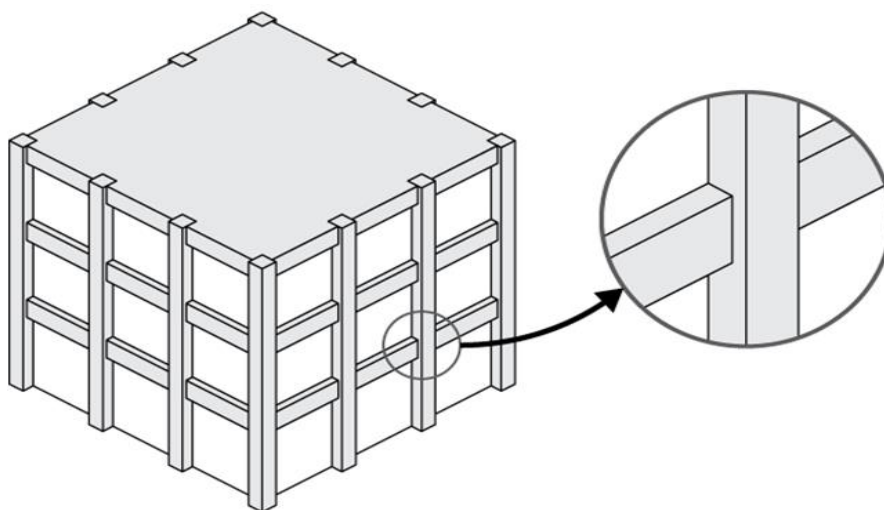


Figura 27. Bosquejo de vigas no alineadas con columnas

Fuente: (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 28.) [Ver apéndice D](#) (Irregularidades)

4.1.5.10 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 anotar 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.



Figura 28. Edificación con potencial amenaza de caída de elementos no estructurales

Fuente: (FEMA, 2015, Capítulo 3, págs. 28.)

4.1.5.11 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).

4.1.5.12 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).

4.1.5.13 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 confinados (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)

Para mayor profundización sobre los 17 tipos de construcción que presenta el manual Fema P-154, se puede ver el [Apéndice E. \(Clasificación Fema\)](#)

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 confinados 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.

4.1.5.14 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.

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).

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).

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.

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.

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 detalle estructural del mismo.

Calificación mínima, S_{min} . 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 (S_{min}) 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).

4.1.5.15 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.

4.1.5.16 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.

4.1.5.17 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).

4.1.5.18 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 detalle 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).

4.1.5.19 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 último 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).

4.1.6 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.

4.1.6.1 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).

4.1.6.2 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.

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 [4.1.5.9](#), 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 los 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. Para conocer rigurosamente cada una de las irregularidades se puede observar el

[Apéndice D](#) (Irregularidades)

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. Para conocer rigurosamente cada una de las irregularidades se puede observar el **[Apéndice D](#) (Irregularidades)**

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.

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 puntuación 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 5

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
Moderada	0.25% de la altura de la edificación más baja
Baja	0.10% de la altura de la edificación más baja

Nota: Adaptado de (FEMA, 2015).

Fuente: (Almagro, P.A., Paredes, E.X., 2016)

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.

Una de las edificaciones tiene dos o más pisos que se edificación vecina.

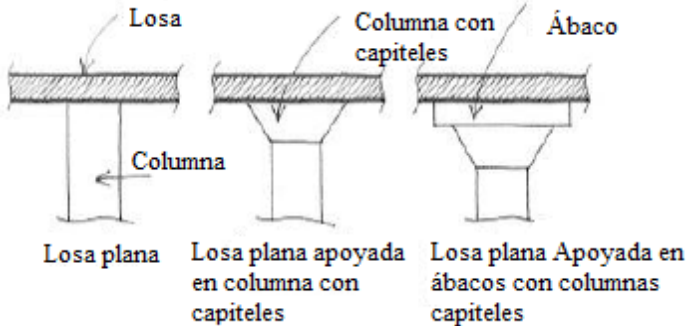
La edificación analizada se encuentra al final de un grupo de bloques de tres o más edificaciones. Ver [Sección 4.1.5.8](#)

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 apéndice B](#)), que guía al evaluador al momento de realizar la inspección de la edificación. Basándonos en las características y geometría de la ampliación el ([Apéndice B](#)) 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.

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	<p>"Confinamiento con geometría K". Cuando los confinamientos cruzan a nivel de la mitad de la columna, y no hay una conexión con algún miembro horizontal o con un diafragma de piso que equilibre las fuerzas aplicadas por el diafragma. El problema es que los confinamientos ejercerán un alto esfuerzo horizontal sobre la columna y pueden producir.</p>
C1	<p>"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 o ábacos con columnas capiteles Como referencia a los términos usados se debe observar la siguiente figura.</p>  <p style="text-align: center;"> Losa plana Losa plana apoyada en columna con capiteles Losa plana Apoyada en ábacos con columnas capiteles </p>
PC1/RM1	<p>"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.</p>
URM	<p>"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.</p>
MH	<p>"Existencia de un sistema de confinamiento 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 confinamientos.</p>

Nota: Tomado de (Almagro, P.A., Paredes, E.X., 2016)

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

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).

4.1.6.3. 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 la 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 segundo Nivel no son tan conservadores como los modificadores de calificación del primer Nivel, puesto que las características de construcción de la edificación se evalúan de una manera más minuciosa y detallada en el segundo Nivel, generalmente la calificación final producto de la evaluación del segundo Nivel puede resultar más alta que la realizada por el primer Nivel.

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

4.1.6.4 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 realizó en el primer nivel, sin embargo en el segundo nivel 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)

4.1.6.5 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 del primer Nivel, 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.

4.1.6.6 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.

4.1.6.7 Transferencia de los Resultados de Formulario del segundo Nivel al primer

Nivel. El resultado final del segundo nivel (SL2) se lo debe trasladar al formulario del primer nivel 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).

4.2 Ejecutar auscultaciones en el corregimiento de Otaré y el barrio Betania empleando el formato adaptado RVS (evaluación visual rápida) de recolección de datos en campo, para identificar las patologías de las edificaciones.

Una vez culminado todo el estudio del cómo aplicar los formularios RVS de la metodología FEMA P-154, se procedió a iniciar el análisis de vulnerabilidad del corregimiento de Otaré y el barrio Betania, este análisis inicio con el reconocimiento de las zonas de interés para el estudio, un conteo previo de edificaciones y conversaciones con los líderes comunales de las zonas sobre el estudio que se pensaba realizar y para obtener autorización sobre el mismo, debido a que para optimizar el estudio es indispensable la colaboración de la comunidad para poder acceder a cada una de las viviendas que componen el corregimiento de Otaré y el barrio Betania.

Determinación de la Región Sísmica

Para determinar la región sísmica del municipio de Ocaña fue necesario establecer los valores de aceleración espectral S_s y S_1 . Para establecer estos valores, se puede determinar por

medio del reglamento NSR-10 en función de los parámetros Aa y Av y del tipo de suelo que soporte la edificación.

En la [sección 2.3.2](#) se muestra cómo se puede determinar la zona de amenaza sísmica homologando la información entre en manual Fema P-154 y la Nsr-10. De acuerdo a la Tabla 3 y a la norma sismo resistente colombiana (Nsr-10) en su Título A (Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente) nos muestra en el (apéndice A-4 valores de Aa, Av, Ae y Ad y definición de la zona de amenaza sísmica de los municipios colombianos). De acuerdo a estos parámetros para el municipio de Ocaña se debe utilizar el formulario de sismicidad moderadamente alta.

Determinación de las fechas de adopción de los códigos sísmicos

Como ya se mencionó anteriormente, el reglamento colombianos de construcción de 1984 ha tenido dos actualizaciones. Por tal motivo las estructuras que hayan sido construidas antes del año 1984 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 1998 se les aplicará el modificador de calificación “Post Referencia”. Mientras que las estructuras ejecutadas durante el periodo comprendido entre 1984 y 1998 no verán alterada su calificación por los modificadores anteriormente mencionados.

Recopilación de bases de datos municipales

El corregimiento de Otaré y el barrio Betania forman parte del Municipio de Ocaña, norte de Santander, por esta razón la información que se ha recolectado de las edificaciones de estas zonas se ha obtenido de la alcaldía municipal y de sus secretarías.

La información que se ha obtenido del Municipio 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.

Tipo de Suelo

Para determinar el tipo de suelo se recolectó información en la alcaldía de Ocaña y en las últimas edificaciones construidas en las zonas de interés, lo cual determino que para el barrio Betania y para el corregimiento de Otaré el suelo es tipo D.

Desarrollo y resultados de la evaluación RVS

El estudio RVS se desarrolló en dos zonas diferentes, pertenecientes al municipio de Ocaña por lo tanto esta aplicación se dividió en dos en primera instancia se desarrolló para el corregimiento de Otaré y luego para el barrio Betania.

4.2.1 Corregimiento de Otaré

Ubicación geográfica. El corregimiento Otaré, está ubicado al noroccidente del casco urbano del Municipio de Ocaña, a 18 kilómetros por la única vía de acceso, con coordenadas Latitud: 8°23'53.797"N Longitud: 73°25'27.775"O, y con una elevación de 1567 metros sobre el nivel del mar, su temperatura promedio 18°C. El corregimiento de Otaré está situado al suroeste de Convención. Cuando se trataba de caminos de herradura su ubicación era entre Convención y la estación de Lindsay (del Cable Aéreo). Hoy podemos decir que está ubicado en la carretera que de Río de Oro conduce al municipio de El Carmen. García, O. (2016). Historia de Otaré. Ocaña. Lindarte, J.& Urquijo, J. (2016)

En cuanto a sus vías de acceso, Otaré cuenta con dos vías, una secundaria que lo comunica con Río de Oro y el municipio de El Carmen; y una vía terciaria que lo comunica con el municipio de Gonzales (García Velasquez, 2016).

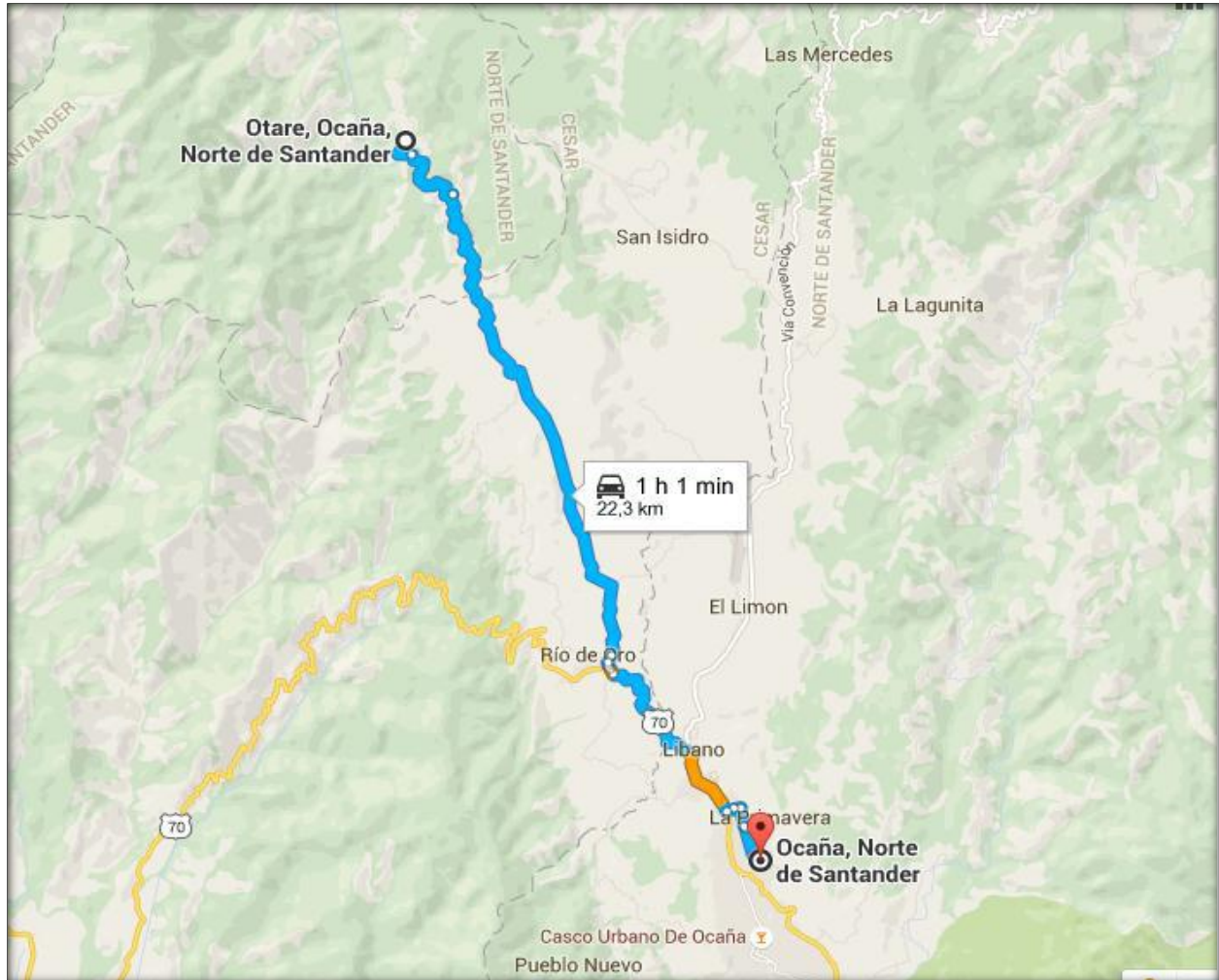


Figura 29. Panorámica de la vía de acceso entre Otaré-Ocaña.

Fuente: Google maps, Otaré, Ocaña, Norte De Santander



Figura 30. Panorámica de Otaré, corregimiento de Ocaña, Norte de Santander.

(La zona subrayada en rojo corresponde al perímetro de las edificaciones evaluadas.)

Fuente: Google maps, Otaré, Ocaña, Norte De Santander.

Vías de acceso y medios de transporte. Al observar los planos del PBOT del municipio de Ocaña y la provincia, se puede constatar que Otaré presenta las siguientes rutas de acceso:

Por la parte Suroriental se encuentra conectado por una vía terciaria de 7 km de longitud, con el municipio de Gonzales- cesar.

Al Noroccidente de Otaré por una vía secundaria sin pavimentar, con una distancia de 17 km tiene acceso con el municipio de el Carmen, Al Nororiente se conecta por una vía terciaria de 14 km de longitud con el municipio de convención.

Ocaña se encuentra ubicada en la parte Suroriental de Otaré, se conectan por una vía primaria hasta río de oro la cual se encuentra totalmente pavimentada. Desde este municipio a Otaré le sigue una vía secundaria, la cual se encuentra una parte pavimentada. La distancia que separa estas dos poblaciones es de 18 km. (Lindarte J & Urquijo J., 2016)

Geología y suelos. El corregimiento de Otaré presenta las siguientes características Geológicas:

El suelo de la cabecera del corregimiento está conformado en su totalidad por rocas metamórficas, formadas en los periodos geológicos: devónico y pérmico (Corponor, 2015).

En el estudio realizado al corregimiento de Otaré se evaluaron de 152 edificaciones que en general son de uso residencial.

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 diligenciados para cada una de las estructuras evaluadas se encuentran en el [Apéndice F](#); en ellos se detalla toda la información recopilada en el proceso de evaluación y

de las observaciones realizadas en campo. En su desarrollo se aplicó todos los criterios de evaluación mencionados en el la [sección 4.1](#).

4.2.1.1 Tipos de Estructuras

En Colombia la mayoría de edificaciones existentes son de concreto reforzado, pues las estructuras con este material son las que mayor demanda tienen en el mercado colombiano. Esto debido a que la mayoría de viviendas existentes son construidas con vigas y columnas de concreto reforzado y con mampostería sin refuerzo estructural, como lo son los bloques y los ladrillos; este tipo de construcciones según FEMA corresponden a las C3. Ver [Apéndice E](#).
(Clasificación Fema)

Sin embargo al ser Otaré un corregimiento de tradiciones y costumbres, al igual que otros corregimientos, veredas y municipios del Catatumbo, al no tener fácil acceso a materiales de construcción, la mayoría de edificaciones están construidas en bahareque y tapia pisada, por otro lado, también hay construcciones a base de ladrillos de arcilla cocida y bloques, sin embargo la gran mayoría no posee un sistema estructural sismo resistente, de tal manera que Las edificaciones predominantes encontradas en la zona de evaluación fueron de tipo “URM y RM2” es decir edificaciones con paredes portantes no reforzadas y edificaciones de mampostería reforzada con suelo rígido y diafragmas de techo respectivamente. La zona residencial del corregimiento de Otaré está compuesto mayormente de viviendas que tienen un estilo de construcción como se puede apreciar en la siguiente figura.



Figura 31. Edificaciones del municipio de Otaré

Fuente: Autores, 2019.

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.

Se destaca que este tipo de edificaciones son las que poseen los puntajes mínimos más críticos, por lo tanto son las que poseen una mayor vulnerabilidad, inclusive su puntaje básico es crítico a partir de una zona de amenaza sísmica moderada.

En el sector evaluado se encontraron un total de 85 edificaciones identificadas como URM del total de las 152 edificaciones evaluadas. Esta cantidad corresponde al 56%, mientras que las edificaciones RM2 corresponden al 39% además en el corregimiento de Otaré se encontraron edificaciones tipo C3 y C1 que ocupan los lugares presentados en el Gráfico 1. En el [Apéndice G](#) se encuentra la base de datos del procesamiento de los formularios.

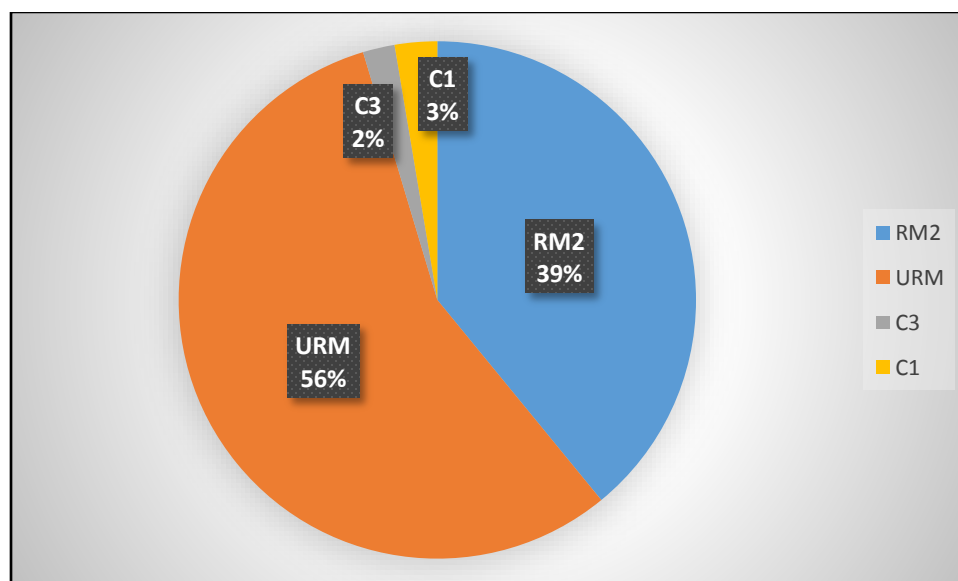


Gráfico 1. Tipos de edificaciones en Otaré

Fuente: Autores, 2019

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 corregimiento de Otaré como en la gran mayoría de

municipios y zonas rurales del Catatumbo existen un gran número de construcciones antiguas hechas de ladrillo y adobe; como se indica en el Gráfico 1.

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.



Figura 32. Ilustración de edificación URM.

Fuente: Autores, 2019.

Por otro lado otro sector importante de edificaciones son las tipo RM2 con un 39%, equivalente a 60 viviendas. 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. Este tipo de edificación se puede ver en las siguientes figuras.



Figura 33. Ilustración de edificación RM2 (a)

Fuente: Autores, 2019.



Figura 34. Ilustración de edificación RM2 (b)

Fuente: Autores, 2019.

4.2.1.2 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 corregimiento de Otaré se puede observar que el modificador más común en todas las edificaciones es el de irregularidad vertical, para ser más preciso el modificador terreno en pendiente, al ser Otaré un corregimiento ubicado en un terreno accidentado, donde la mayoría de las edificaciones se encuentran en subidas y bajadas; es el modificador de puntaje más frecuente, seguido de las construcciones tipo URM. Otro modificador presente en las estructuras con menor frecuencia pero no menos importante es el de discontinuidades, y otro tipo de irregularidades en elevación.

En el Gráfico 2 se presenta un resumen de los modificadores detallados para el Nivel 2 con la cantidad en porcentaje encontrados de los mismos, donde resalta otros modificadores como golpeteo y retrocesos, sin embargo hay otros modificadores que no se encuentran en el corregimiento como aberturas de diafragmas, vigas no alineadas, irregularidades torsionales entre otras.

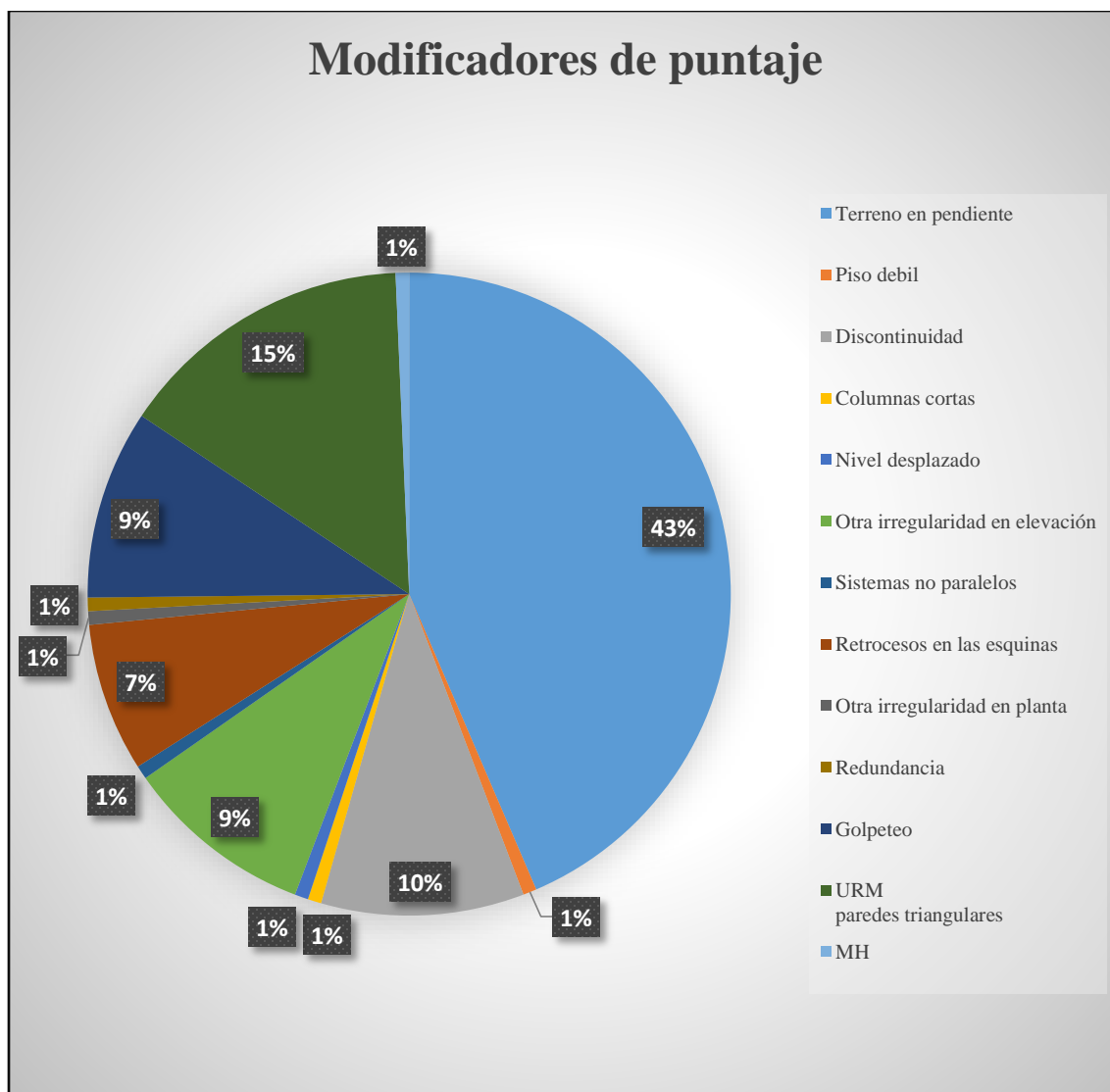


Gráfico 2. Modificadores de puntaje presentes en las edificaciones de Otaré

Fuente: Autores, 2019

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 (Almagro & Paredes, 2016) la mayoría de las edificaciones en Otaré se encuentran con terreno en pendiente y otra serie de irregularidades que se mencionan a continuación.

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.

Las irregularidades más predominantes encontradas fueron las de elevación con un 86% del total de irregularidades identificadas, mientras que el 14% restante fueron en planta. En el Grafico 3 a continuación se puede ver lo mencionado.

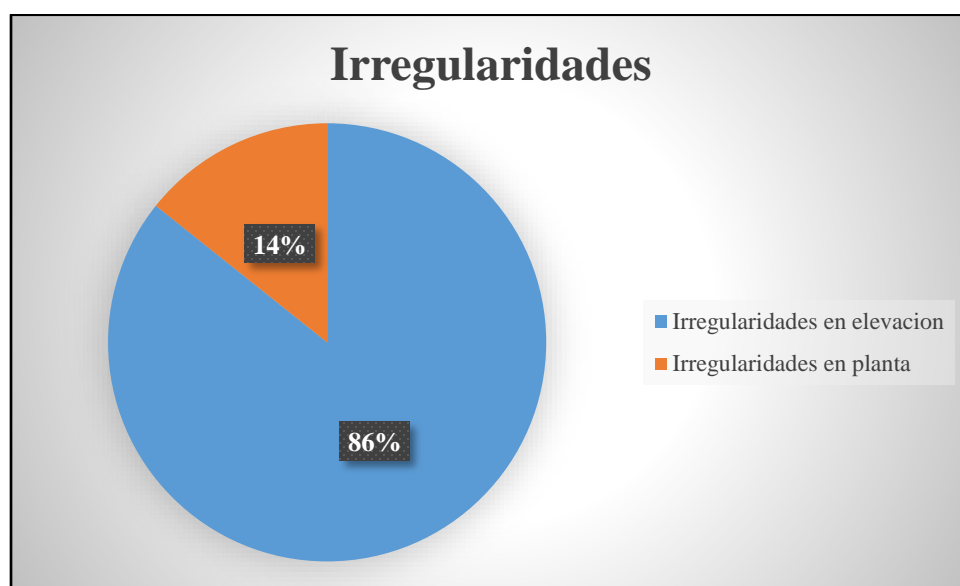


Gráfico 3. Irregularidades presentes en las edificaciones de Otaré

Fuente: Autores, 2019

En la zona evaluada se presentaron como irregularidades más frecuentes: terreno en pendiente, golpeteo, discontinuidad, otro tipo de irregularidad y retrocesos.



Gráfico 4. Irregularidades halladas en evaluación en Betania

Fuente: Autores, 2019

De todas las irregularidades, la más habitual que se identificó fue la de terreno en pendiente, En la Figura 35. Terreno en pendiente. se presenta un ejemplo claro de una edificación en terreno en pendiente encontrado en la zona del estudio.



Figura 35. Terreno en pendiente.

Fuente: Autores, 2019.

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. Otras irregularidades encontradas en el corregimiento de Otaré se presentan a continuación en la Figura 36 y Figura 37.



Figura 36. Discontinuidades

Fuente: Autores, 2019.



Figura 37. Golpeteo

Fuente: Autores, 2019.

4.2.2 Barrio Betania

Ubicación geográfica. El Barrio Betania está ubicado entre la comuna 1. Central, José Eusebio Caro y la comuna 2. Nororiental, Cristo Rey. El barrio se encuentra dividido por el canal de aguas lluvias del río chiquito. Específicamente se encuentra en la parte posterior del barrio San Agustín.

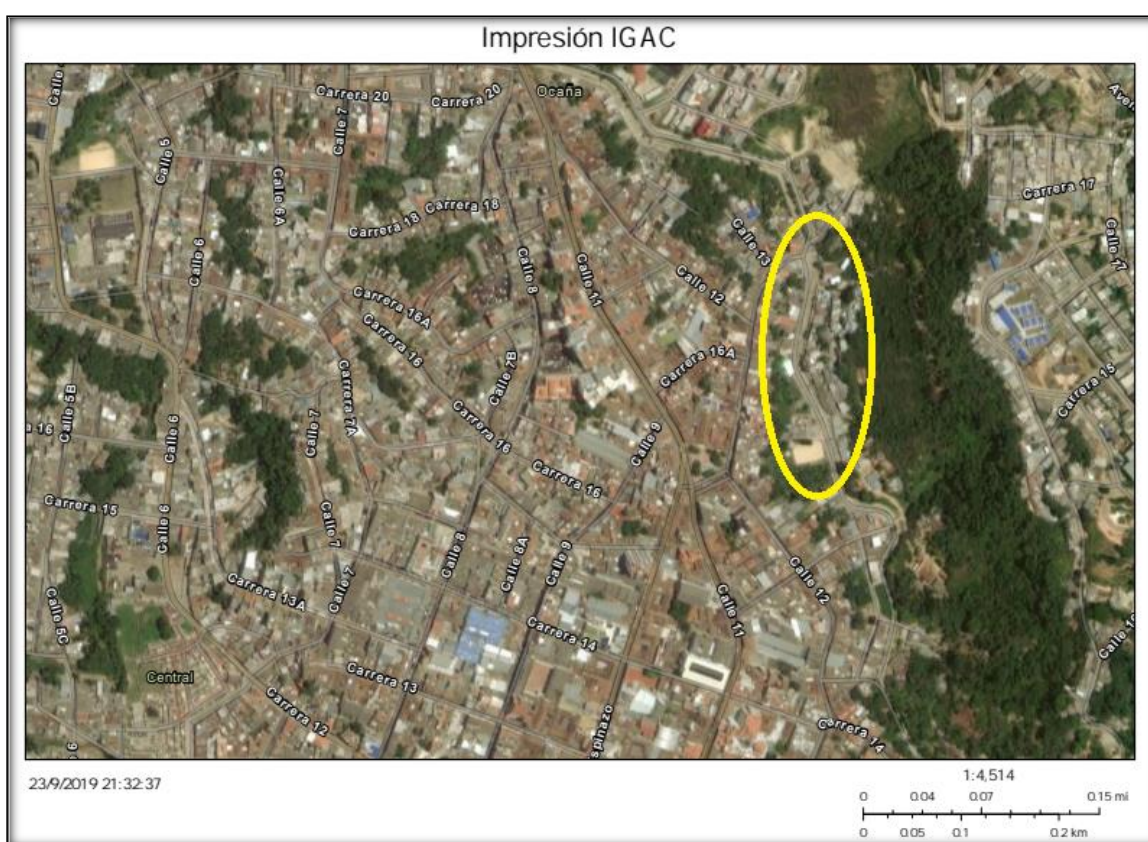


Figura 38. Panorámica del barrio Betania, Ocaña, Norte de Santander.

Fuente: IGAC., Ocaña, Norte De Santander.

El barrio Betania se encuentra entre la comuna I y la comuna II. Consta de 115 edificaciones que en general son de uso residencial.

El barrio Betania se encuentra en la parte más baja de la zona central de Ocaña, en este barrio se encuentra un tramo del sistema de alcantarillado del río chiquito, el barrio se caracteriza por ser una zona humilde, en donde muchas construcciones se levantaron sin supervisión técnica, aunque hay algunas construcciones recientes quienes poseen sistemas estructurales. Sin embargo la gran mayoría no posee un sistema estructural sismo resistente, de tal manera que Las edificaciones predominantes encontradas en la zona de evaluación fueron de tipo “URM y RM2” es decir edificaciones con paredes portantes no reforzadas y edificaciones de mampostería reforzada con suelo rígido y diafragmas de techo respectivamente.

El barrio Betania está compuesto en su mayoría de viviendas que tienen un estilo de construcción como se puede apreciar en la siguiente figura.



Figura 39. Edificaciones del barrio Betania.

Fuente: Autores, 2019.

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. Se destaca que este tipo de edificaciones son las que poseen los puntajes mínimos más críticos, por lo tanto son las que poseen una mayor vulnerabilidad, inclusive su puntaje básico es crítico a partir de una zona de amenaza sísmica moderada.

4.2.2.1 Tipos de Estructuras. En el sector evaluado se encontraron un total de 71 edificaciones identificadas como URM del total de las 115 edificaciones evaluadas. Esta cantidad corresponde al 62%, mientras que las edificaciones RM2 corresponden al 33%. En el barrio Betania se encontraron edificaciones tipo C1 y C3 que ocupan los lugares presentados en el Gráfico 5. En el [Apéndice G](#) se encuentra la base de datos del procesamiento de los formularios.

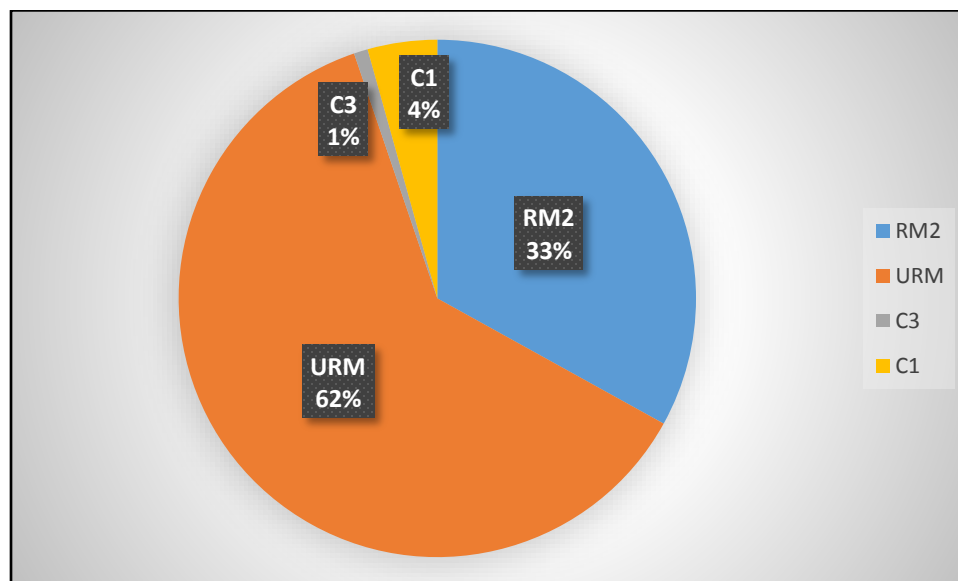


Gráfico 5. Tipos de edificaciones en Betania

Fuente: Autores, 2019.

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 barrio Betania como en la gran mayoría de barrios humildes del municipio, las construcciones se realizaron sin tener en cuenta un sistema estructural capaz de disipar la energía ante algún sismo que pueda presentar.

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.



Figura 40. Ilustración de edificación URM (Betania)

Fuente: Autores, 2019.

Por otro lado otro sector importante de edificaciones son las tipo RM2 con un 33%, el problema en este tipo de edificaciones es que la mampostería ante un sismo es la primera que se será 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. Este tipo de edificación se puede ver en las siguientes figuras.



Figura 41. Ilustración de edificación RM2 (a) Betania

Fuente: Autores, 2019.



Figura 42. Ilustración de edificación RM2 (b) Betania

Fuente: Autores, 2019.

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 barrio Betania se puede observar que el modificador más común en todas las edificaciones es el de irregularidad vertical, para ser

más preciso el modificador de discontinuidad, seguido de terreno en pendiente, sistemas no paralelos, golpeteo y retrocesos en las esquinas, otros modificadores presentes en las estructuras con menor frecuencia pero no menos importante es el de otro tipo de irregularidades en elevación y nivel desplazado.

En el Gráfico 5 se presenta un resumen de los modificadores detallados para el Nivel 2 con la cantidad en porcentaje encontrados de los mismos, donde resalta otros modificadores como golpeteo y retrocesos, sin embargo hay otros modificadores que no se encuentran en el corregimiento como aberturas de diafragmas, vigas no alineadas, irregularidades torsionales entre otras.

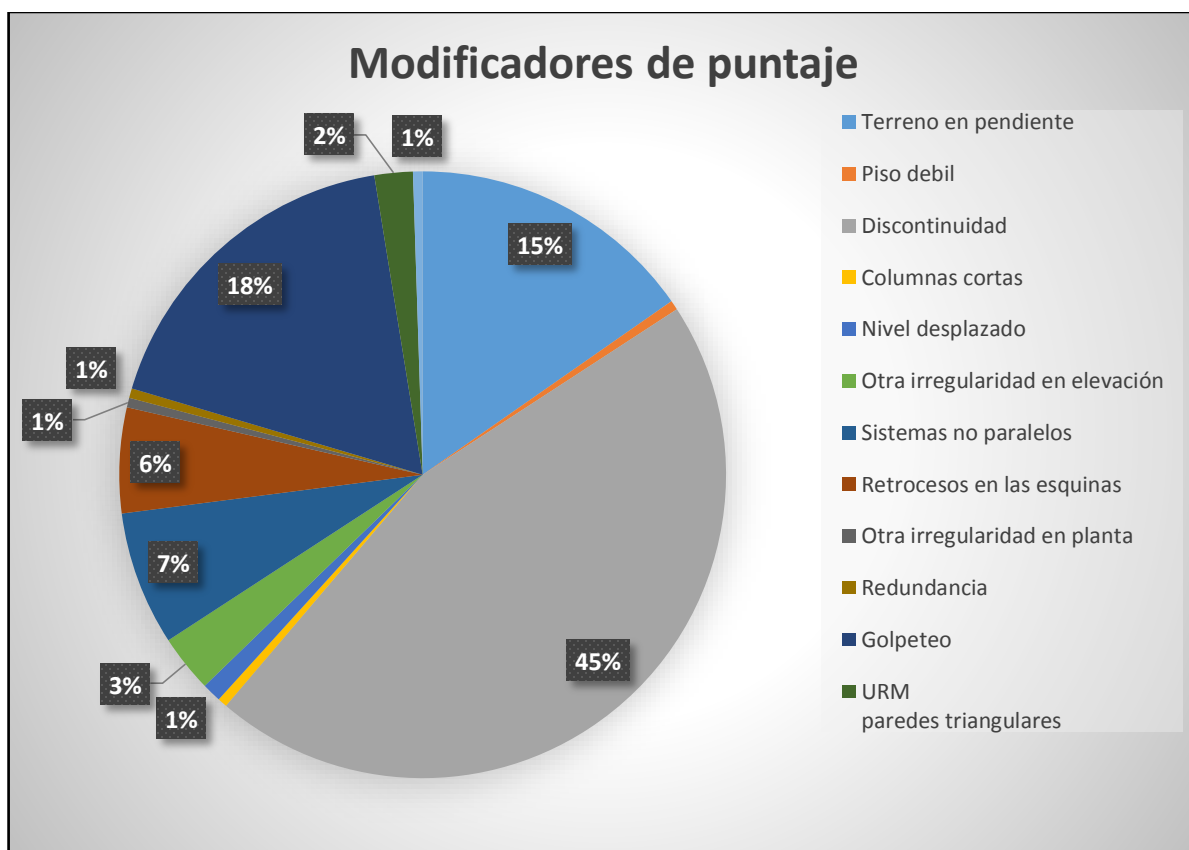


Gráfico 6. Modificadores de puntaje presentes en las edificaciones del Barrio Betania

Fuente: Autores, 2019.

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 (Almagro & Paredes, 2016) la mayoría de las edificaciones en el barrio Betania se encuentran con discontinuidades y otra serie de irregularidades que se mencionan a continuación.

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.

Las irregularidades más predominantes encontradas fueron las de elevación con un 83% del total de irregularidades identificadas, mientras que el 17% restante fueron en planta. En el Grafico 7 se puede ver lo mencionado.

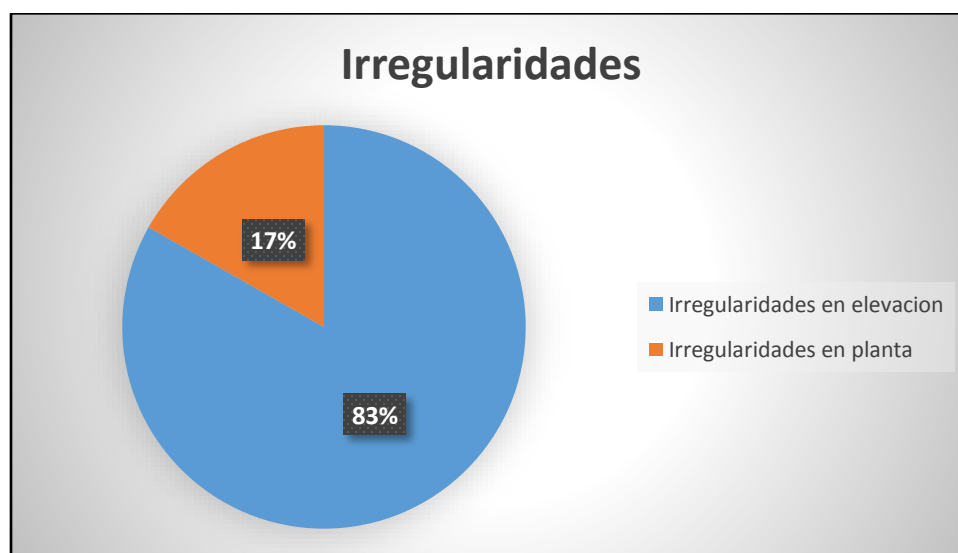


Gráfico 7. Irregularidades presentes en las edificaciones del barrio Betania

Fuente: Autores, 2019.

En la zona evaluada se presentaron como irregularidades más frecuentes: terreno en pendiente, golpeteo, discontinuidad, otro tipo de irregularidad y retrocesos.

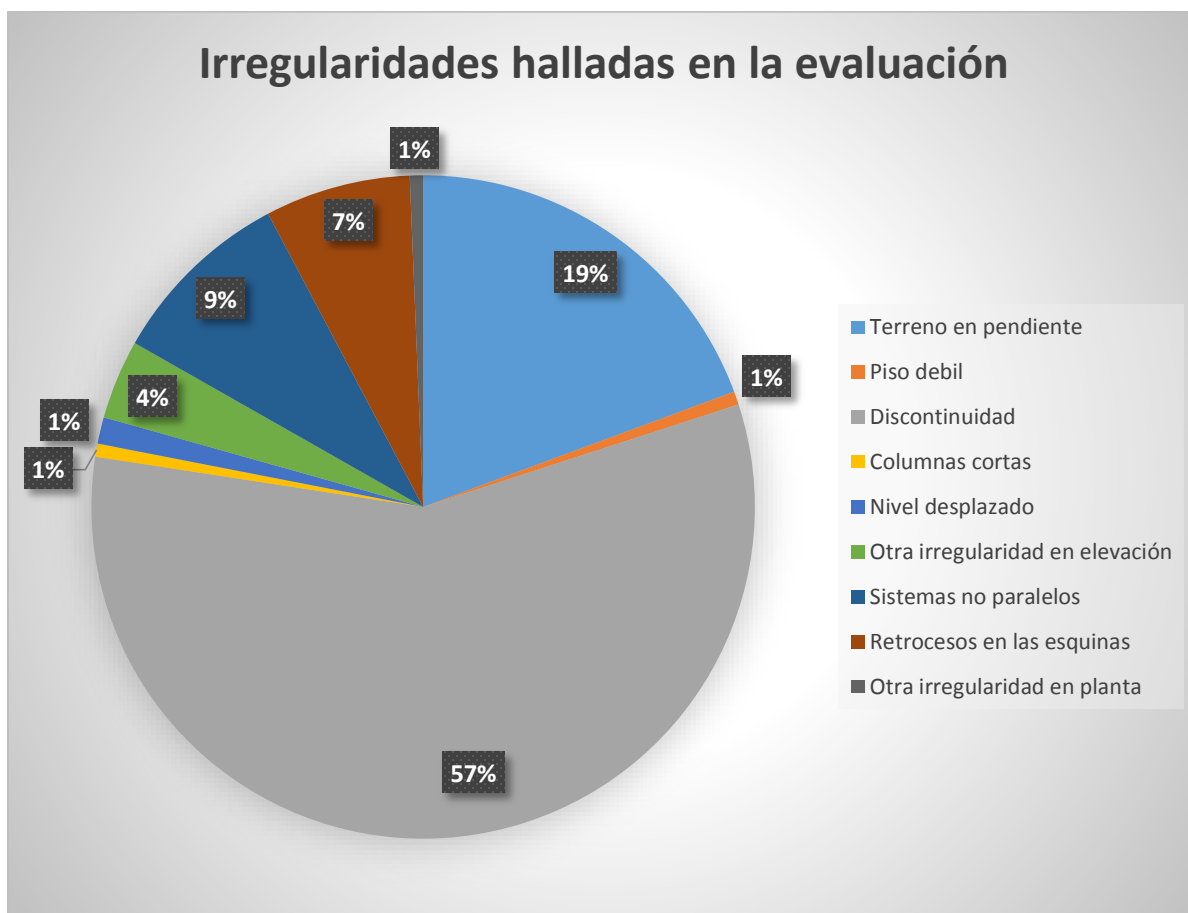


Gráfico 8. Irregularidades halladas en evaluación.

Fuente: Autores, 2019.

De todas las irregularidades, la más habitual que se identificó fue la de discontinuidad, En las siguientes figuras se presentan las irregularidades encontradas en la zona del estudio.



Figura 43. Discontinuidades (a) Betania

Fuente: Autores, 2019.



Figura 44. Discontinuidades (b) Betania

Fuente: Autores, 2019.

Otras irregularidades encontradas en el barrio Betania se presentan a continuación.



Figura 45. Golpeteo en las esquinas

Fuente: Autores, 2019.



Figura 46. Golpeteo (b) Betania

Fuente: Autores, 2019.



Figura 47. Sistemas no paralelos Betania

Fuente: Autores, 2019.



Figura 48. Terreno en pendiente (Betania)

Fuente: Autores, 2019.

4.3 Analizar los datos correspondientes a cada edificación aplicando el método FEMA P-154, para conocer la puntuación final (S) de las edificaciones del corregimiento de Otaré y del barrio Betania del municipio de Ocaña, Norte de Santander

Luego de realizar las auscultaciones a las edificaciones del corregimiento de Otaré y del barrio Betania se procedió a estimar la puntuación final (S), que indica el índice de vulnerabilidad y que provee una idea del desempeño sísmico del edificio.

La puntuación final (S) se puede describir como la probabilidad de colapso si ocurre el sismo máximo considerado, matemáticamente se puede describir como:

Puntuación final (S)= -log (Probabilidad de daño \geq 60%)

$$S = -\text{Log}_{10} (P)$$

En la **Tabla 7**. Se presenta el cálculo de probabilidades de colapso versus la puntuación final (S). Esto nos indica por ejemplo que si un edificio presenta una calificación de (3), su probabilidad de colapso será de 0.001. [Véase Apéndice G.](#)

Tabla 7*Calculo de la probabilidad de colapso Versus Puntuación final, (S)*

Puntaje (S)		Probabilidad de colapso		P (Falla)
3.8	1	en	6310	0.0%
3.0	1	en	1000	0.1%
2.7	1	en	543	0.2%
2.6	1	en	373	0.3%
2.5	1	en	284	0.4%
2.4	1	en	229	0.4%
2.3	1	en	192	0.5%
2.2	1	en	165	0.6%
2.2	1	en	145	0.7%
2.1	1	en	129	0.8%
2.1	1	en	117	0.9%
2.0	1	en	100	1.0%
1.9	1	en	83	1.2%
1.8	1	en	63	1.6%
1.7	1	en	50	2.0%
1.6	1	en	40	2.5%
1.5	1	en	33	3.0%
1.4	1	en	25	4.0%
1.3	1	en	20	5.0%
1.2	1	en	17	6.0%
1.2	1	en	14	7.0%
1.1	1	en	13	8.0%
1.0	1	en	11	9.0%
1.0	1	en	10	10.0%
1.0	1	en	9	11.0%
0.9	1	en	8	12.0%
0.8	1	en	6	17.0%
0.7	1	en	5	20.0%
0.6	1	en	4	25.0%
0.5	1	en	3	30.0%
0.4	1	en	3	40.0%
0.3	1	en	2	50.0%
0.2	1	en	2	60.0%

4.3.1 Corregimiento de Otaré. El análisis de vulnerabilidad en las edificaciones de Otaré arrojó los siguientes resultados, 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 27 edificaciones no requieren de una evaluación estructural detallada y 125 edificaciones si lo requieren. Estos resultados se los presenta en el grafico 9.

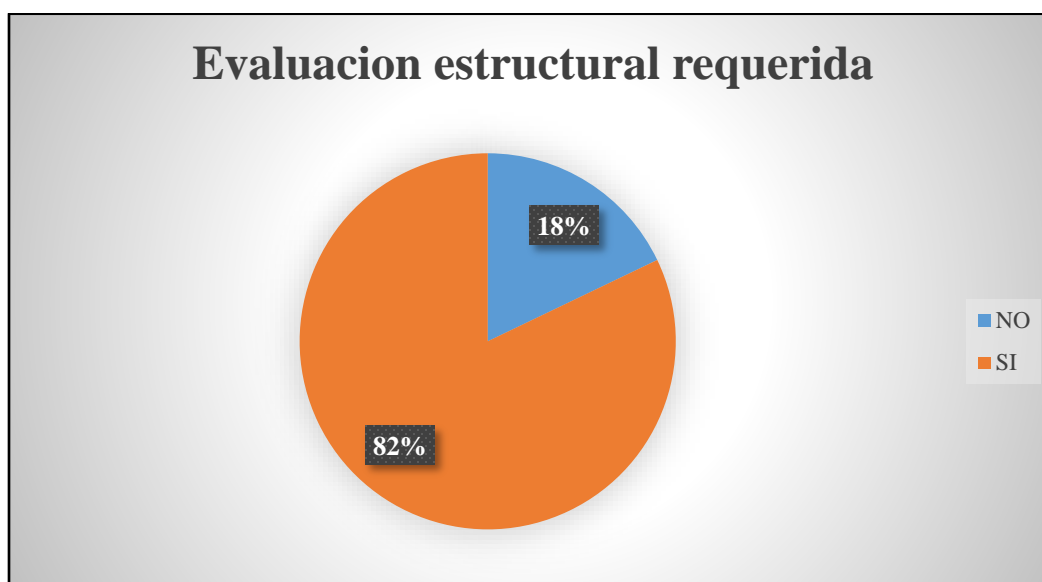


Gráfico 9. Resultados Nivel de Evaluación 1. (Otaré)

Fuente: Autores, 2019.

El tipo de edificación URM al tener una puntuación básica de 1.2 es una de las más vulnerables según (FEMA, 2015) y debido a que las edificaciones del sector presentaron varias irregularidades, la mayoría se establecieron con el puntaje mínimo con la cual se hace necesario una evaluación estructural detallada.

Las edificaciones RM2 tienen una puntuación básica en el formulario de zona de amenaza sísmica moderadamente alta de 1.8, lo que se ve reflejado en el alto índice de vulnerabilidad y la necesidad de evaluaciones más detalladas.

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 confiabilidad. Los resultados obtenidos en este nivel indicaron que 25 edificaciones no requerían una evaluación estructural detallada y 127 edificaciones si requerían de esta evaluación, estos resultados se aprecian en el Gráfico 10

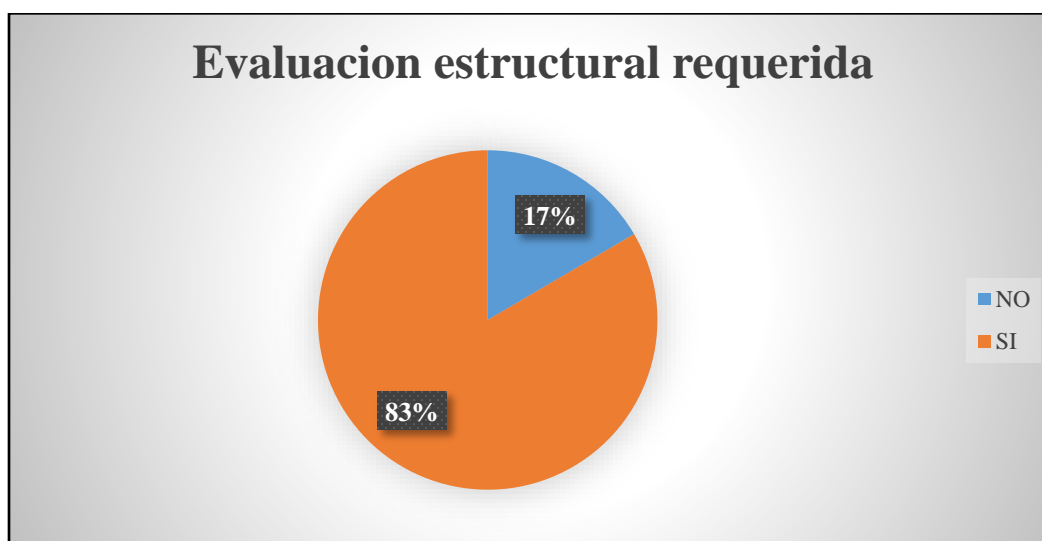


Gráfico 10. Resultados Nivel de Evaluación 2. (Otaré)

Fuente: Autores, 2019.

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 parapetos, pero otras veces indescriptibles que podían ser mitigados y no necesariamente ser evaluados.

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 117 edificaciones no requieren de una evaluación no estructural detallada, mientras que 35 si lo requieren. Estos resultados se indican en el Gráfico 11.

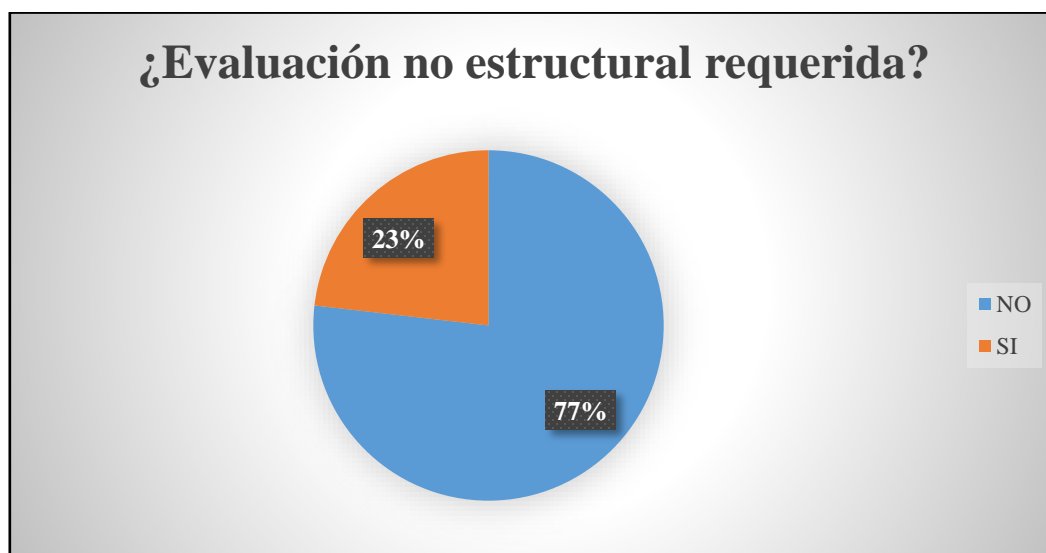


Gráfico 11. Peligros no estructurales (Otaré)

Fuente: Autores, 2019.

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.

En ese orden de ideas, se puede decir que el promedio del puntaje de índice de vulnerabilidad para el corregimiento de Otaré para el nivel 1 es de 1,52 es decir un probabilidad de colapsó de 1 en 32 en llegado que ocurra el sismo considerado por el manual, sin embargo para el nivel 2 que es un nivel más detallado, este puntaje nos dios un valor de 1,14 es decir un probabilidad de colapsó de 1 en 14.

Por lo tanto el puntaje de vulnerabilidad sísmica para el corregimiento de Otaré es de 1,14

Este análisis general solo nos da idea, que al ocurrir un evento de amenaza sísmica 1 de cada 14 edificaciones tendrán un alto grado de vulnerabilidad y la probabilidad de colapso promedio será del 7%

Por lo tanto este análisis de vulnerabilidad sísmica nos indica que es necesario realizar una evaluación estructural más detallado al 83% de las edificaciones del corregimiento de Otaré.

4.3.2 Barrio Betania

El análisis de vulnerabilidad en las edificaciones el barrio Betania presento los siguientes resultados, 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.

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 94 edificaciones requieren de una evaluación estructural detallada y 21 edificaciones no lo requieren. Estos resultados se los presenta en el grafico 12.



Gráfico 12. Resultados Nivel de Evaluación 1. (Betania)

Fuente: Autores, 2019.

El tipo de edificación URM al tener una puntuación básica de 1.2 es una de las más vulnerables según (FEMA, 2015) y debido a que las edificaciones del sector presentaron varias

irregularidades, la mayoría se establecieron con el puntaje mínimo con la cual se hace necesario una evaluación estructural detallada.

Las edificaciones RM2 tienen una puntuación básica en el formulario de zona de amenaza sísmica moderadamente alta de 1.8, lo que se ve reflejado en el alto índice de vulnerabilidad y la necesidad de evaluaciones más detalladas.

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 confiabilidad, sin embargo los resultados obtenidos en este nivel indicaron lo mismo que en el que 94 edificaciones requerían una evaluación estructural detallada y 21 edificaciones no requerían de esta evaluación, estos resultados se aprecian en el Gráfico 13.

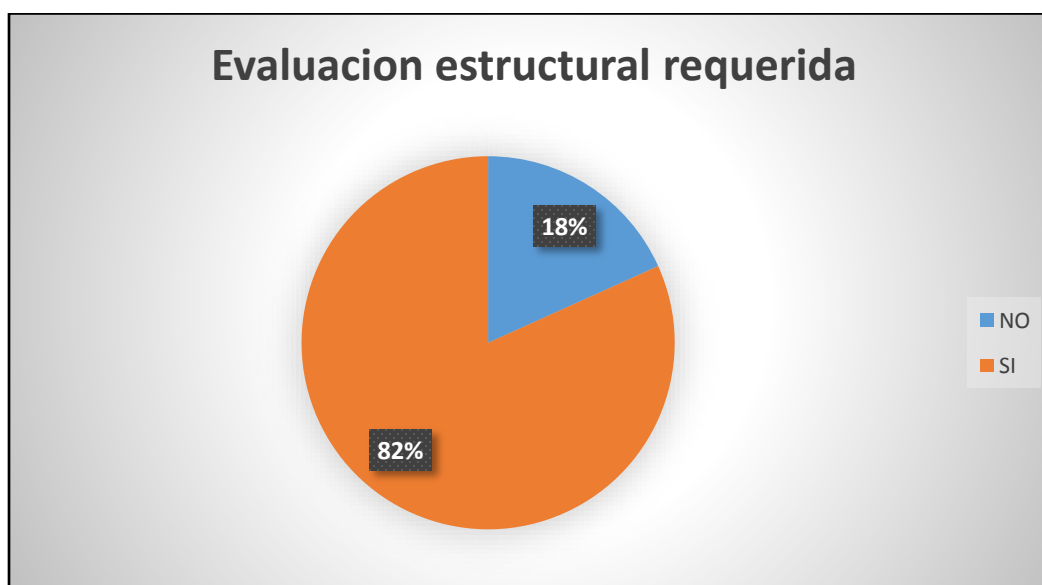


Gráfico 13. Resultados Nivel de Evaluación 2. (Betania)

Fuente: Autores, 2019.

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 parapetos, pero otras veces indescriptibles que podían ser mitigados y no necesariamente ser evaluados.

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 76 edificaciones no requieren de una evaluación no estructural detallada, mientras que 39 si lo requieren. Estos resultados se indican en el Gráfico 14.

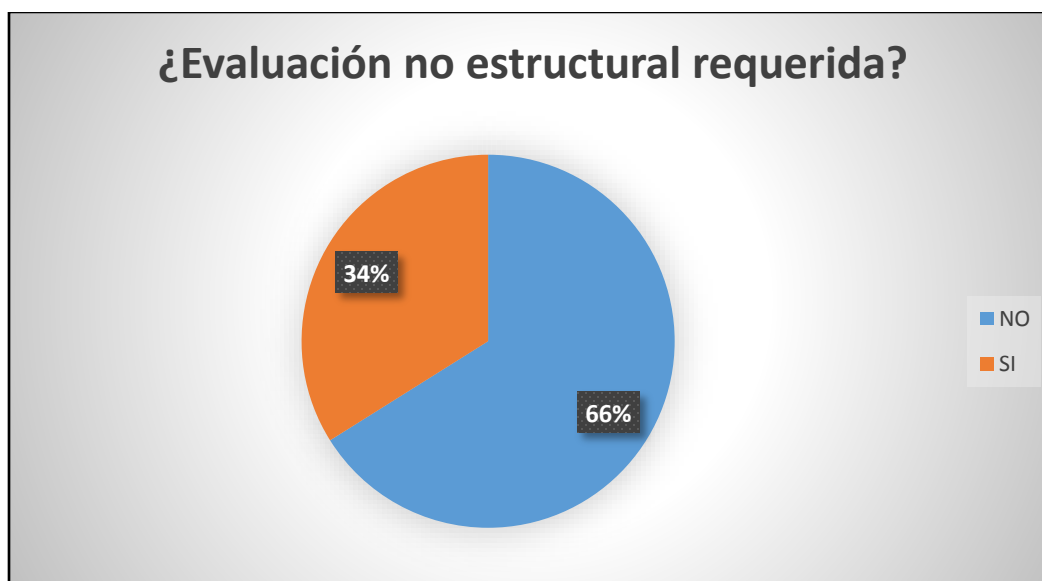


Gráfico 14. Peligros no estructurales (Betania)

Fuente: Autores, 2019.

Los resultados de edificaciones que necesitan una evaluación no estructural detallada no son muy altos, pues la mayoría de los peligros encontrados eran mitigables.

Con todo lo anterior se puede decir que el promedio del puntaje de índice de vulnerabilidad para el barrio Betania para el nivel 1 es de 1,34 es decir un probabilidad de colapsó de 4,5% sin embargo para el nivel 2 que es un nivel más detallado, este puntaje nos dios un valor de 1,31 es decir muy cercano al primer nivel. Por lo tanto el puntaje de vulnerabilidad sísmica para el barrio Betania es de 1,31 es decir un probabilidad de colapsó de 4,8%

En ese orden de ideas, se puede decir que el promedio del análisis de vulnerabilidad para el barrio Betania es de 1,31 pero este análisis general solo nos da idea, que al ocurrir un evento de amenaza sísmica el 4,8 % de las edificaciones tendrán una alta vulnerabilidad y la probabilidad de colapso promedio será 1 edificación por cada 21. Por lo tanto este análisis de vulnerabilidad sísmica nos indica que es necesario realizar un análisis estructural más detallado al 82 por ciento de las edificaciones del barrio Betania.

Con todo lo anterior el presente estudio indica que tanto Otaré como Betania tienen la gran mayoría de edificaciones vulnerables ante un sismo, tanto así que el 82 % de las edificaciones no alcanzan un puntaje mínimo de riesgo leve, por lo que se debe trabajar y sensibilizar a las personas en la forma como construyen sus edificaciones.

Luego de realizar las auscultaciones a las edificaciones del corregimiento de Otaré y del barrio Betania se procedió a estimar la puntuación final (S), que nos indica el índice de vulnerabilidad.

Para el corregimiento de Otaré la puntuación (S) promedio fue de 1,14 y para el barrio Betania fue de 1,31 lo que nos indica que nuestras edificaciones presentan una calificación de alta vulnerabilidad según el manual Fema.

4.4 Crear una guía para el uso del formulario FEMA P-154 para realizar el “examen visual rápido para la detección de edificaciones con potencial de amenaza sísmica”

Para brindar mayor claridad al lector sobre la aplicación del formulario FEMA P-154 de inspección rápida se creó una guía para realizar el análisis de vulnerabilidad y establecer la puntuación (S) que se presenta en el **apéndice H**.

4.5 Diseñar un aplicativo por medio de Excel, para evaluar la vulnerabilidad sísmica en edificaciones teniendo como fundamento la metodología FEMA P-154.

Para realizar el aplicativo por medio de Excel de los 2 formularios que componen la evaluación rápida visual del manual FEMA P-154, en primera medida fue necesario conocer cada uno de los procedimientos para llenar el formulario, así como cada uno de los modificadores de puntaje que componen la evaluación.

En primera medida se debe seleccionar que tipo de formulario se debe usar dependiendo la zona sísmica en donde se realice la evaluación, para Colombia dependerá del valor A_a establecido por el reglamento NSR-10 para cada municipio, por lo tanto en el aplicativo se creó una lista desplegable en donde se debe seleccionar el parámetro A_a , que inmediatamente lo redireccionará al formulario que debe usar.

En ese orden de ideas, como el formulario está diseñado para ser diligenciado de arriba hacia abajo, de esa misma manera se empezó el diseño del aplicativo.

El primer formulario en su primera sección posee una información que se debe diligenciar textualmente, por lo tanto no implicó mayor complejidad, luego de esta sección inicia la evaluación como tal. En su mayoría se usó la función de Excel Buscar V, listas desplegables y agrupación de datos.

En primera medida el usuario de la herramienta aplicativa debe escoger el tipo de edificación que se selecciona de una lista desplegable con ayuda de imágenes para seleccionar de manera correcta el tipo de edificación de las 17 que avala el manual FEMA P-154, luego en otras lista desplegables se debe seleccionar si se posee algún tipo de modificador por parte de la edificación evaluada, para culminar se establece una suma algebraica que involucra el puntaje básico de la edificación así como cada uno de los modificadores que hacen parte de la evaluación, luego de realizar la suma algebraica se establece el puntaje de la edificación, que de ser menor al puntaje mínimo establecido por el manual, debe ser considerado el puntaje mínimo.

El segundo formulario, corresponde a una evaluación más minuciosa, sin embargo se usó las mismas funciones del primer formulario, de esta manera se genera una herramienta visual de fácil uso y con gran capacidad para evaluar la vulnerabilidad sísmica de cualquier edificación estipulada en el manual FEMA P-154.

La herramienta aplicativa se encuentra en el [apéndice I](#).

Usar contraseña (“fema”)

4.6 Realizar un mapa de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones del corregimiento de Otaré y del barrio Betania del municipio de Ocaña, Norte de Santander.

Para el cumplimiento de este objetivo, se desarrolló un mapa por medio de AutoCAD apoyado en las planchas generadas por el Instituto Nacional De Geografía Colombiana IGAC. Agustín Codazzi, cada análisis de edificación presenta su número de identificación y así mismo se identifica en los mapas de vulnerabilidad sísmica, quienes debido a sus puntajes (S) tan bajos se clasificaron de la siguiente manera:

Para las edificaciones cuya puntuación es mayor a 2 se le asignó color verde, por tener probabilidades de colapso menores al 1%

Para las edificaciones cuya puntuación está entre 2 y 1.5 se le asignó color amarillo, por tener probabilidades de colapso entre el 1% y el 3%

Para las edificaciones cuya puntuación es menor a 1.5 se le asignó color rojo, por tener probabilidades de colapso mayores al 3%

El mapa de vulnerabilidad sísmica se presenta en el [apéndice J](#).

Capítulo 5. Conclusiones

En Otaré:

Las edificaciones más encontradas en la zona de evaluación están conformadas por paredes portantes no reforzadas y edificaciones de mampostería reforzada con suelo rígido.

Las edificaciones tipo URM fueron 85 del total de las 152 edificaciones evaluadas, es decir corresponde al 56%, mientras que las edificaciones tipo RM2 fueron 60 que corresponden al 39% además en el corregimiento de Otaré se encontraron 3 edificaciones tipo C3 con un 2% y 4 C1 con un 3%.

De los resultados obtenidos al realizar la evaluación del corregimiento de Otaré se puede observar que el modificador más común en todas las edificaciones es el de irregularidad vertical, para ser más preciso el modificador terreno en pendiente, al ser Otaré un corregimiento ubicado en un terreno accidentado, seguido de las construcciones tipo URM. Otro modificador presente en las estructuras con menor frecuencia pero no menos importante es el de discontinuidades, y otro tipo de irregularidades en elevación.

De las 112 irregularidades encontradas, más predominantes fueron las de elevaciones encontradas en 96 edificaciones con un 86% del total de irregularidades identificadas, mientras que el 14% restante fueron en planta, es decir en 16 edificaciones.

Por otro lado En el nivel 1 del formulario FEMA se encontró que 27 edificaciones no requieren de una evaluación estructural detallada y 125 edificaciones si lo requieren.

En el Nivel 2 de evaluación se aplica un análisis más profundo y detallado. Los resultados obtenidos en este nivel indicaron que 25 edificaciones no requerían una evaluación estructural detallada y 127 edificaciones si requerían de esta evaluación. En el sector evaluado se determinó que 117 edificaciones no requieren de una evaluación no estructural detallada, mientras que 35 si lo requieren.

El promedio del puntaje de índice de vulnerabilidad para el corregimiento de Otaré para el nivel 1 es de 1,52 es decir un probabilidad de colapsó del 3%. En llegado caso que ocurra el sismo considerado por el manual. Sin embargo para el nivel 2 que es un nivel más detallado, este puntaje nos dios un valor de 1,14 es decir un probabilidad de colapsó del 7% o de 1 en 14.

Por lo tanto, este análisis de vulnerabilidad sísmica nos indica que es necesario realizar una evaluación estructural más detallado al 83% de las edificaciones del corregimiento de Otaré, para mejorar su capacidad para soportar un evento sísmico.

En Betania:

En el sector evaluado se encontraron un total de 71 edificaciones tipo URM, del total de las 115 edificaciones evaluadas. Esta cantidad corresponde al 62%, mientras que las

edificaciones tipo RM2 fueron 38 que corresponden al 33%. En el barrio Betania se encontraron 5 edificaciones tipo C1 con un 4% y 1 tipo C3 con menos del 1%.

De los resultados obtenidos al realizar la evaluación del barrio Betania se puede observar que el modificador más común en todas las edificaciones es el de irregularidad vertical, presente en 129 edificaciones, para ser más preciso el modificador de discontinuidad, encontrado en 89 edificaciones, seguido de golpeteo en 35 edificaciones, luego terreno en pendiente encontrado en 30 edificaciones, después sistemas no paralelos en 14 edificaciones, y retrocesos en las esquinas presente en 11 edificaciones.

Las irregularidades más predominantes fueron las de elevación, encontrándose 129 irregularidades en las 115 edificaciones evaluadas con un 83% del total de irregularidades identificadas, en planta se identificaron 26 irregularidades con un 17%.

El promedio del puntaje de índice de vulnerabilidad para el barrio Betania para el nivel 1 es de 1,34 es decir un probabilidad de colapsó de 4,5% sin embargo para el nivel 2 que es un nivel más detallado, este puntaje nos dios un valor de 1,31 es decir muy cercano al primer nivel. Por lo tanto el puntaje de vulnerabilidad sísmica para el barrio Betania es de 1,31 es decir un probabilidad de colapsó de 4,8%

En la evaluación estructural los datos obtenidos en la evaluación indicaron que 94 edificaciones requerían una evaluación estructural detallada y 21 edificaciones no requerían de esta evaluación.

En la evaluación no estructural en el barrio Betania, los datos obtenidos en el análisis determinaron que 76 edificaciones no requieren de una evaluación no estructural detallada, mientras que 39 si lo requieren.

Por lo tanto este análisis de vulnerabilidad sísmica nos indica que es necesario realizar un análisis estructural más detallado al 82 % de las edificaciones del barrio Betania.

El estudio indicó que tanto Otaré como Betania tienen la gran mayoría de edificaciones vulnerables ante un sismo, tanto así que el 82 % de las edificaciones no alcanzan un puntaje mínimo de riesgo leve, por lo que se debe trabajar y sensibilizar a las personas en la forma como construyen sus edificaciones.

Luego de realizar las auscultaciones a las edificaciones del corregimiento de Otaré y del barrio Betania se procedió a estimar la puntuación final (S), que nos indica el índice de vulnerabilidad.

Para el corregimiento de Otaré la puntuación (S) promedio fue de 1,14 y para el barrio Betania fue de 1,31 lo que nos indica que nuestras edificaciones presentan una calificación de alta vulnerabilidad según el manual FEMA.

La distribución de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones quedo plasmada en los mapa creados de las edificaciones del corregimiento de Otaré y del barrio Betania en donde se revela de manera gráfica la calificación obtenida.

Capítulo 6. Recomendaciones

En primera medida, para realizar una correcta evaluación preliminar de vulnerabilidad es indispensable realizar capacitaciones a los encuestadores evaluadores, además de generar mecanismos para vincular y trabajar conjuntamente con la alcaldía.

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 fotografías aéreas o se realice un análisis del sector a evaluarse mediante imágenes satelitales o la implementación de drones, 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.

El manual FEMA P-154 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.

De la información que se ha recopilado se evidencia que tanto en el corregimiento de Otaré como en el barrio Betania se pueden observar varias construcciones edificadas en zonas de riesgo por lo que se recomienda que las entidades públicas como la secretaria de planeación o infraestructura realicen 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.

Referencias

Almagro, P.A., & Paredes E.X. (2016). *Evaluación técnico-visual de estructuras según NEC-SE-RE en el sector “la armenia 1” para la determinación de riesgo ante fenómenos naturales específicos* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica de Ecuador, Quito.

NSR-10 Normas Colombianas de Construcción Sismo resistente., Títulos A, D.

Rapid FEMA .Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards. A Handbook FEMA 154, Edition 2 / March 2002.

Asociación colombiana de ingeniería sísmica (AIS). Manual de Construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería. 2001

Asociación Colombiana De Ingeniería Sísmica (AIS). (2010). Reglamento colombiano de Construcción sismo resistente (NSR-10) (Tomo 1). Recuperado de <http://www.minambvivydesa.gov.co/>

E. Maldonado, y G. Chio, " Estimación de las funciones de vulnerabilidad sísmica en edificaciones en tierra ” , Ing. y Desarro., vol. 25, pp. 180-199, 2009 [En línea]. Disponible en: <https://goo.gl/wqSx6p>. [Accedido: 22-jun-2017]

FEMA, 1988, *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook*, FEMA 154, prepared by the Applied Technology Council for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

FEMA, 1999, *Earthquake Loss Estimation Methodology, HAZUS, Technology Manual, Volume I*, prepared by the National Institute of Building Sciences for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

FEMA, 2002a, *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook, Second Edition*, FEMA 154, prepared by the Applied Technology Council for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

FEMA, 2002b, *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: Supporting Documentation, Second Edition*, FEMA 155, prepared by the Applied Technology Council for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

FEMA, 2015, *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook, Third Edition*, FEMA P-154, prepared by the Applied Technology Council for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

- Gorky Fabián, Ludeña Guaicha. (2017). *Estudio de vulnerabilidad sísmica del colegio 9 de octubre aplicando la norma ecuatoriana de construcción mediante metodología fema 154* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Machala, Machala.
- Hernandez, J., & Lockhart, S. (2011). Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de hormigón armado existente. *Ciencia y Sociedad*, vol. XXXVI, (número 2), 256-275.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI (2016). Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015 (primera edición).
- República De Colombia. Congreso De La República. Ley 1523 de 2012. Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones. (24 de abril de 2012). Diario oficial, no. 48.411, 2012, 24, abril.
- Scawthorn, C., editor, 1986. *Techniques for Rapid Assessment of Seismic Vulnerability*, American Society of Civil Engineers, New York, New York

Apéndices

Apéndice A: Formularios para diferentes zonas de amenaza sísmica

[Ver archivo adjunto: Formularios para diferentes zonas de amenaza sísmica.](#)

Apéndice B. Guía de adicciones

[Ver archivo adjunto: Guía de adicciones](#)

Apéndice C. Guía Adyacencia

[Ver archivo adjunto: Guía Adyacencia](#)

Apéndice D: Guía Irregularidades

[Ver archivo adjunto: Guía Irregularidades](#)

Apéndice E. Guía de clasificación FEMA P-154

[Ver archivo adjunto: Guía de clasificación FEMA P-154](#)

Apéndice F. Formularios con los Análisis de vulnerabilidad realizados

[Ver archivo adjunto: Formularios con los Análisis de vulnerabilidad realizados](#)

Apéndice G: Bases de Datos

[Ver archivo adjunto: Bases de Datos](#)

Apéndice H. Guía FEMA P-154

[Ver archivo adjunto: Guía FEMA P-154](#)

GUIA PARA EL USO DEL FORMULARIO DE EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES



**Universidad Francisco
de Paula Santander**

Ocaña - Colombia
Vigilada Mineducación



Autores:

FREDDY CLAVIJO PICÓN

RICARDO ADOLFO LANZZIANO JIMÉNEZ

Director:

I.C. Esp. EDSON DÍAZ BUSTOS

Jurados

PhD. NELSON AFANADOR GARCÍA

Magister. CARLOS DANIEL ECHAVEZ

Tabla de Contenido

Guia para el uso del formulario de evaluación visual rápida	1
Introducción	1
Implementación del manual FEMA P-154	2
Planificación de trabajos previo a la evaluación en campo.....	2
Diligenciamiento del primer Nivel del formulario.....	6
Primer Nivel del Formulario.....	7
Determinación de la Calificación Final del Nivel 1.....	33
Información de la Edificación y Puntuación Ajustada para el Nivel 2.....	33
Determinación de la Calificación Final de Nivel 2.....	38
Transferencia de los Resultados de Formulario del segundo Nivel al primer Nivel	39
Estudio de caso del barrio Betania en Ocaña norte de Santander.	39

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Determinación de la región de sismicidad por espectro de aceleración</i>	2
Tabla 2. <i>Configuración de la zona de amenaza sísmica entre FEMA P-154 y la NSR-10</i>	3
Tabla 3. <i>Tipo de adiciones según FEMA P-154</i>	10
Tabla 4. <i>Guía de referencia de (Golpeteo) para el primer nivel</i>	14
Tabla 5. <i>Irregularidades</i>	15
Tabla 6. <i>Clasificación de la edificación (FEMA)</i>	22

Lista de Figuras

Figura 1. Identificación del edificio.	8
Figura 2. Información general de edificación.	9
Figura 3. Información general de edificación.	12
Figura 4. Identificación del tipo de edificación.	20
Figura 5. Información complementaria de la edificación.	31
Figura 6. Formulario del primer nivel	35
Figura 7. Formulario del segundo nivel	36
Figura 8. Modificadores de puntaje del segundo nivel.....	37
Figura 9. Información adicional segundo nivel.	38
Figura 10. Vista exterior del edificio Sorian.....	40
Figura 11. Plano en planta de edificio Sorian.....	41
Figura 12. Plano en elevación del edificio Sorian.....	42
Figura 13. Vista del edificio de Sorian (Betania).....	43
Figura 14. Evaluación del primer nivel realizado al edificio Sorian.....	45
Figura 15. Evaluación del segundo nivel realizado al edificio Sorian.	48

GUIA PARA EL USO DEL FORMULARIO DE EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES

Introducción

La presente guía, es una explicación práctica para el uso del formulario de recolección de datos de la metodología FEMA P-154, en donde se muestra visualmente como llenar cada solicitud en el formulario, necesaria para establecer la vulnerabilidad sísmica de la edificación, debido a la practicidad de la guía, algunos conceptos serán referenciados del cuerpo del proyecto del cual esta guía hace parte, por medio de hipervínculos, cada uno de los conceptos que conforman al formulario se encuentran en la sección **4.1.5.1** para el primer nivel y **4.1.5.2** para el segundo nivel.

Es necesario recalcar cada uno de los pasos a llevar en la recolección de datos, como planificación, etc. para poder comprender en su totalidad el formulario.

A continuación se presenta cada uno de los pasos para realizar el examen visual rápido y las instrucciones detalladas para diligenciar el formulario de primer y segundo nivel

Implementación del manual FEMA P-154

Planificación de trabajos previo a la evaluación en campo

Determinación de la Región Sísmica: Para poder establecer cuál de los cinco formularios debemos usar en la evaluación RVS es indispensable determinar la región sísmica (FEMA, 2015), se debe obtener los valores de aceleración espectral específicos para el sitio para periodo corto S_s y para un segundo S_1 .

El reglamento de construcción sismo resistente colombiano divide en tres zonas la amenaza sísmica baja, intermedia y alta, sin embargo la metodología FEMA P-154 Considera cinco zonas de amenaza sísmica que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 8

Determinación de la región de sismicidad por espectro de aceleración

Amenaza sísmica	Spectral Acceleration response, SS (short-period, or 0.2 seconds)	Spectral Acceleration Response, S_1 (long-period, or 1.0 second)
Baja	$< 0.25g$	$< 0.10g$
Moderada	$\geq 0.25g < 0.50g$	$\geq 0.10g < 0.20g$
Moderada- Alta	$\geq 0.50g < 1.0$	$\geq 0.20g < 0.40g$
Alta	$\geq 1.0 < 1.50$	$\geq 0.40g < 0.60g$
Muy Alta	≥ 1.50	$\geq 0.6g$

Nota 1: g = Aceleración de la gravedad en dirección horizontal

Nota 2: Adaptación de la tabla 2-2 FEMA P-154, 2015

Por esta razón es necesario realizar la configuración del manual FEMA P-154 con la norma Colombiana NSR-10, que se presenta en la Tabla 3.

Tabla 9

Configuración de la zona de amenaza sísmica entre FEMA P-154 y la NSR-10

Zona de sismicidad	S1	Amenaza sísmica	Aa
<i>Baja</i>	$< 0.10g$	<i>Baja</i>	$< 0.10g$
<i>Moderada</i>	$\geq 0.10g < 0.20g$	<i>Intermedia</i>	$\geq 0.10g < 0.20g$
<i>Moderada-Alta</i>	$\geq 0.20g < 0.40g$	<i>Alta</i>	$\geq 0.20g < 0.40g$
<i>Alta</i>	$\geq 0.40g < 0.60g$	<i>Alta</i>	$\geq 0.40g < 0.50g$
<i>Muy alta</i>	$\geq 0.6g$	<i>N/A</i>	<i>N/A</i>

Fuente: Autores, 2019.

De acuerdo a los valores de los mapas de las figuras 1 y 2, el reglamento NSR-10 considera 4 de las 5 zonas de amenaza sísmica, para seleccionar el formulario correcto es necesario verificar el valor de Aa, para poder clasificarlo en la Tabla 3 y utilizar el formulario RVS indicado, según la zona de amenaza sísmica.

Gracias a estos valores es posible determinar la región sísmica y en base a esto realizar la elección del formulario adecuado a usar, que en el caso de Ocaña con un valor del parámetro $Aa = 0.2$ sugiere usar el formulario (moderadamente alto)

Determinación de las fechas de adopción de los códigos sísmicos. La presente versión del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 corresponde a su segunda

actualización. La primera reglamentación sismo resistente nacional fue expedida por el Gobierno nacional por medio del Decreto 1400 del 7 de junio de 1984, la primera actualización, correspondiente al Reglamento NSR-98, fue expedida por medio del Decreto 33 del 9 de enero de 1998 y la segunda actualización, correspondiente al Reglamento NSR-10, se expidió por medio del Decreto 926 del 19 de marzo de 2010.

Las normas sismo resistentes presentan requisitos mínimos que, en alguna medida, garantizan que se cumpla el fin primordial de salvaguardar las vidas humanas ante la ocurrencia de un sismo fuerte. No obstante, la defensa de la propiedad es un resultado indirecto de la aplicación de los normas, pues al defender las vidas humanas, se obtiene una protección de la propiedad, como un subproducto de la defensa de la vida. Ningún Reglamento de sismo resistencia, en el contexto mundial, explícitamente exige la verificación de la protección de la propiedad, aunque desde hace algunos años existen tendencias en esa dirección en algunos países.

Teniendo en cuenta que el 87% por ciento de la población colombiana habita en zonas de amenaza sísmica alta e intermedia, con el auspicio del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS, desde comienzos del año 2008, y con la participación de un muy amplio número de profesionales de la ingeniería y la arquitectura, asociaciones gremiales y profesionales de la ingeniería, la arquitectura y la construcción y funcionarios de las entidades del Estado relacionadas con el tema; logró concluir las labores de actualización de la reglamentación de diseño y construcción sismo resistente con la expedición por parte del Gobierno Nacional del Decreto 926 del 19 de marzo de 2010 -

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Esta reglamentación actualiza y reemplaza el Reglamento NSR-98.

En el año 2008 se realiza la actualización y la significativa mejora del reglamento colombiano de Construcción y se empieza a aplicar desde el año 2010 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 1984 se verán afectadas en la evaluación del primer Nivel por el modificador de calificación "Pre Código", en cambio las estructuras que se hayan realizado posteriores al año 2010 se les aplicará el modificador de calificación "Post Referencia". Mientras que las estructuras ejecutadas durante el periodo comprendido entre 1984 y 2010 no verán alterada su calificación por los modificadores anteriormente mencionados.

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 reglamento colombiano de construcción, la primera en el año 1984 pues en este año se hizo oficial y reglamentario su uso con la aplicación de criterios sismo resistentes, la siguiente etapa corresponde al año 1998 donde se presentaron importantes mejoras y finalmente en el 2010, donde se dividió e implementó a la norma capítulos con correcciones y mejoras.

Determinación del nivel límite de calificación “cut-off”: 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 **4.1.2.4** de la presente investigación.

Recopilación de bases de datos municipales: El Barrio Betania y el corregimiento de Otaré, pertenecen al municipio de Ocaña, por tal motivo la información que se ha recolectado de las edificaciones de este sector ha sido solicitada en la alcaldía y las secretarías de vías e infraestructura y de planeación del municipio de Ocaña.

Tipo de suelo: Para establecer el tipo de suelo de las zonas a realizar los análisis en primera medida se buscaran fuentes de estudios de suelos de edificaciones en el sector, así como en el mapa geológico del municipio, de no encontrarse información relacionada con el tipo de suelo, se le asignara tipo D.

Diligenciamiento del primer nivel del formulario. El formato de recolección de datos para el examen visual rápido está diseñado para que sea llenado en orden descendente, en la página 8, se presenta gráficamente cada una de las secciones del primer nivel, el segundo nivel es opcional y debe ser realizado por personal que maneje completamente el uso del manual FEMA P-154, por ultimo para asegurar el correcto uso de la metodología en edificaciones se presentara la aplicación de la guía a una de las edificaciones evaluadas en el análisis de vulnerabilidad en donde se mostrara como realizar el análisis de primer y segundo Nivel.

A continuación se presenta la adaptación del formulario RVS que se compone de dos niveles, el primer nivel de orden obligatorio y el segundo nivel es una evaluación opcional que

Sólo se debe realizar cuando se tienen claro cada uno de los parámetros a tener en cuenta en la evaluación como golpeteo, adicciones e irregularidades en elevación y en planta y por último una sección de peligros no estructurales

Primer Nivel del Formulario. Teniendo en cuenta que en la primera sección del capítulo 4, se encuentra la base teórica de los dos niveles en donde se muestra en cada uno de los conceptos que componen el formato RVS, la presente guía presenta gráficamente cada sección a diligenciar, además de tablas ilustrativas que nos brindara el criterio necesario para comprender totalmente los modificadores de puntaje, como adicciones, irregularidades, golpeteo y cada una de los apartes mencionados en [la sección 4.1.5.](#)

El primer nivel del formulario comienza con una sección para la fotografía y para un bosquejo en planta y elevación de la edificación a evaluar.

UFPS Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña - Colombia
Vigilada Mineducación
NIT. 800 163 130 - 0

LA ACREDITACIÓN DE
Alta Calidad
EN COMPROMISO

ISO 9001
SC-CERT/00673 Q/CERT/10/074
Sismicidad Moderada

Formulario de evaluación visual rápida de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones
FEMA P-154 Formato para la recolección de datos

FOTOGRAFIA

BOSQUEJO

Dirección: _____
_____ **Código postal** _____

Otras referencias: _____

Nombre de la edificación _____

Uso _____

Latitud: _____ **Longitud:** _____

Ss: _____ **S1:** _____

Evaluador(es): _____ **Hora y Fecha:** _____

Nº de pisos: Sobre NT: _____ Bajo NT: _____ Año de construcción _____ EST

Área total en planta (m²) _____ Año del código: _____

Adiciones: Ninguna Sí, Año(s) de construcción _____

Ocupación Sala de reuniones Comercial Emergencias Histórico Refugio
Industrial Oficinas Escolar Gobierno
Serv. Pub. Almacén Residencial: # unidades _____

Tipo de suelo: A Roca B Roca C Suelo D Suelo E Suelo F Suelo **DNK**
Dura Media Denso Rígido Suave pobre Asumir tipo D

Peligros geológicos: Licuefacción Si/no/DNK Deslizamiento Si/no/DNK
Ruptura de falla de superficie: Si/no/DNK

Adyacencia Golpeteo Peligro por objetos caídos de otros edificios

Irregularidades: Vertical (Tipo/Severidad) _____
 Planta (Tipo) _____

Peligros exteriores: Chimeneas sin refuerzo Revestimientos pesados
 Parapetos Anexos constructivos
 otros _____

COMENTARIOS:

Bosquejos adicionales o comentarios en hoja separada

Dirección: _____
_____ **Código postal** _____

Otras referencias: _____

Nombre de la edificación _____

Uso _____

Latitud: _____ **Longitud:** _____

Ss: _____ **S1:** _____

Evaluador(es): _____ **Hora y Fecha:** _____

Figura 49. Identificación del edificio.

Fuente: FEMA P-154 (2015)

La primera sección del formulario a diligenciar trata de la identificación del edificio en donde se involucran las características generales de la edificación.



Formulario de evaluación visual rápida de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones
 FEMA P-154 Formato para la recolección de datos

FOTOGRAFIA	Dirección: _____ Código postal _____ Otras referencias: _____ Nombre de la edificación _____ Uso _____ Latitud: _____ Longitud: _____ S ₁ : _____ S ₂ : _____ Evaluador(es): _____ Hora y Fecha: _____
	N° de pisos: Sobre NT: _____ Bajo NT: _____ Año de construcción _____ <input type="checkbox"/> EST Área total en planta (m ²) _____ Año del código: _____ Adiciones: <input type="checkbox"/> Ninguna <input type="checkbox"/> Sí, Año(s) de construcción _____ Ocupación: Sala de reuniones, Industrial, Serv. Pub., Comercial, Oficinas, Almacén, Emergencias, Escolar, Residencial, <input type="checkbox"/> Histórico, <input type="checkbox"/> Gobierno, <input type="checkbox"/> Refugio, # unidades _____ Tipo de suelo: <input type="checkbox"/> A Roca Dura, <input type="checkbox"/> B Roca Media, <input type="checkbox"/> C Suelo Denso, <input type="checkbox"/> D Suelo Rígido, <input type="checkbox"/> E Suelo Suave, <input type="checkbox"/> F Suelo pobre, DNK, Asumir tipo D Peligros geológicos: Licuefacción, Si/no/DNK, Ruptura de falla de superficie: Si/no/DNK, Deslizamiento Si/no/DNK Peligros exteriores: <input type="checkbox"/> Chimeneas sin refuerzo, <input type="checkbox"/> Parapetos, <input type="checkbox"/> otros, <input type="checkbox"/> Revestimientos pesados, <input type="checkbox"/> Anexos constructivos Irregularidades: <input type="checkbox"/> Vertical (Tipo/Severidad), <input type="checkbox"/> Planta (Tipo)
BOSQUEJO	COMENTARIOS: _____ <input type="checkbox"/> Bosquejos adicionales o comentarios en hoja separada

N° de pisos:	Sobre NT: _____	Bajo NT: _____	Año de construcción _____	<input type="checkbox"/> EST
Área total en planta (m ²)	Año del código: _____			
Adiciones:	<input type="checkbox"/> Ninguna <input type="checkbox"/> Sí, Año(s) de construcción _____			
Ocupación	Sala de reuniones, Industrial, Serv. Pub.	Comercial, Oficinas, Almacén	Emergencias, Escolar, Residencial:	<input type="checkbox"/> Histórico, <input type="checkbox"/> Gobierno, # unidades _____
Tipo de suelo:	<input type="checkbox"/> A Roca Dura	<input type="checkbox"/> B Roca Media	<input type="checkbox"/> C Suelo Denso	<input type="checkbox"/> D Suelo Rígido
	<input type="checkbox"/> E Suelo Suave	<input type="checkbox"/> F Suelo pobre	DNK, Asumir tipo D	
Peligros geológicos:	Licuefacción, Si/no/DNK		Ruptura de falla de superficie: Si/no/DNK, Deslizamiento Si/no/DNK	
Adyacencia	<input type="checkbox"/> Golpeteo <input type="checkbox"/> Peligro por objetos caídos de otros edificios			
Irregularidades:	<input type="checkbox"/> Vertical (Tipo/Severidad), <input type="checkbox"/> Planta (Tipo)			
Peligros exteriores	<input type="checkbox"/> Chimeneas sin refuerzo, <input type="checkbox"/> Parapetos, <input type="checkbox"/> otros		<input type="checkbox"/> Revestimientos pesados, <input type="checkbox"/> Anexos constructivos	

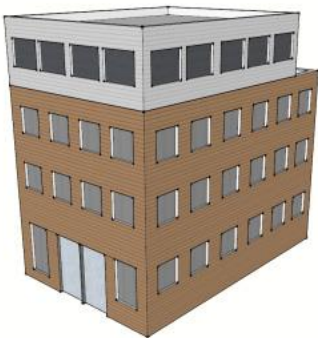
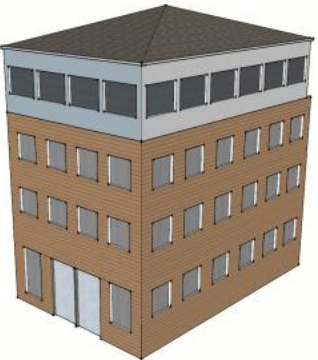
Figura 50. Información general de edificación.

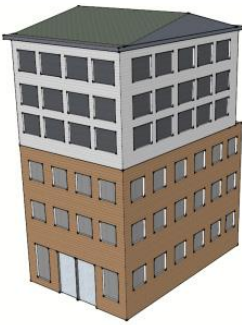


Fuente: Autores, 2019.


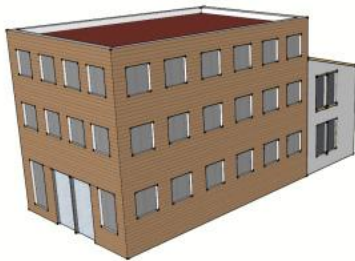
Para la segunda sección del primer del formulario, es necesario tener claro los años de expedición de los códigos de construcción, así como tener en cuenta las adicciones que gráficamente se presenta en la siguiente tabla. (Apéndice B)

Tabla 10

Tipo de adicciones según FEMA P-154

Orientación	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.

Orientación	Tipo de Ampliación	Ejemplo gráfico	Recomendación de la metodología RVS	Notas e Instrucciones Adicionales
Vertical	Uno o múltiples pisos adicionales en los cuales la adición tiene un sistema resistente sísmico diferente que la edificación original	 Un edificio de tres pisos con una adición de tres pisos adicionales en la parte superior. La adición tiene un sistema de ventanas y estructura diferente al edificio 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.	 Un edificio de tres pisos con una adición horizontal de tres pisos en la parte superior que es más estrecha que el edificio original.	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.
Horizontal	La adición tiene diferente altura que la edificación original	 Un edificio de tres pisos con una adición horizontal de tres pisos en la parte superior que es más alta que el edificio 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.

Orientación	Tipo de Ampliación	Ejemplo gráfico	Recomendación de la metodología RVS	Notas e Instrucciones Adicionales
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 golpeo.
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 P-154 (2015)

N° de pisos:	Sobre NT: _____	Bajo NT: _____	Año de construcción	<input type="checkbox"/> EST
Área total en planta (m ²)	_____			
Adiciones:	<input type="checkbox"/> Ninguna	<input type="checkbox"/> Si, Año(s) de construcción _____		
Ocupación	Sala de reuniones Industrial Serv. Pub.	Comercial Oficinas Almacén	Emergencias Escolar Residencial:	<input type="checkbox"/> Historico <input type="checkbox"/> Gobierno # unidades _____
Tipo de suelo:	<input type="checkbox"/> A Roca Dura	<input type="checkbox"/> B Roca Media	<input type="checkbox"/> C Suelo Denso	<input type="checkbox"/> D Suelo Rigido
	<input type="checkbox"/> E Suelo Suave	<input type="checkbox"/> F Suelo pobre	DNK Asumir tipo D	
Peligros geológicos:	Licuefacción		Si/no/DNK	
	Ruptura de falla de superficie:		Deslizamiento Si/no/DNK	
Adyacencia	<input type="checkbox"/> Golpeteo	<input type="checkbox"/> Peligro por objetos caídos de otros edificios		
Irregularidades:	<input type="checkbox"/> Vertical (Tipo/Severidad) _____			
	<input type="checkbox"/> Planta (Tipo) _____			
Peligros exteriores	<input type="checkbox"/> Chimeneas sin refuerzo	<input type="checkbox"/> Revestimientos pesados		
	<input type="checkbox"/> Parapetos	<input type="checkbox"/> Anexos constructivos		
	<input type="checkbox"/> otros _____			

Figura 51. Información general de edificación.

Fuente: FEMA, P-154 2015.

En esta segunda sección, también es necesario tener claro los conceptos presentados en el proyecto como ocupación, tipo de suelo y peligros geológicos.

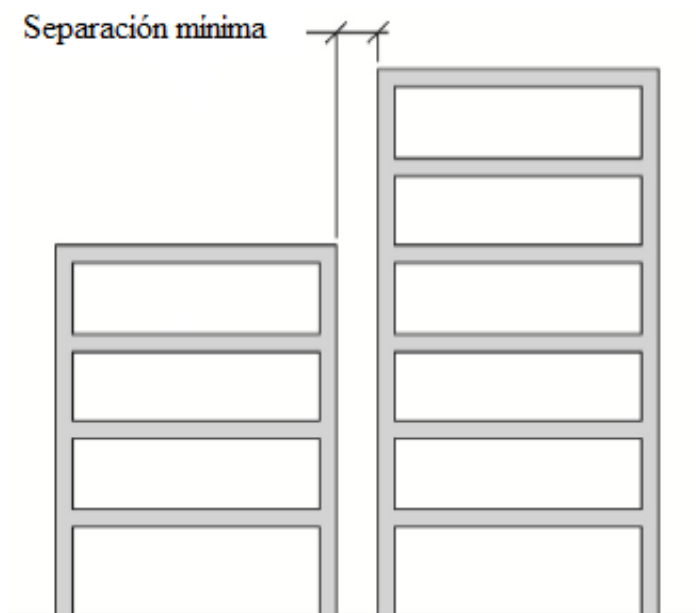
Para determinar la adyacencia por golpeteo e identificar cada una de las irregularidades severas y moderadas en planta y en altura es necesario apoyarse en las siguientes tablas ilustrativas. (Apéndice C), (Apéndice D)

Las cuales también se usaran para realizar la evaluación del segundo nivel, el cual es opcional pero para el caso del análisis de vulnerabilidad realizado en este proyecto es indispensable. En ese orden de ideas se procede a realizar una evaluación preliminar en el primer nivel, para después aplicar la evaluación definitiva en el segundo nivel en base a las siguientes tablas.

Tabla 11*Guía de referencia de (Golpeteo) para el primer nivel*

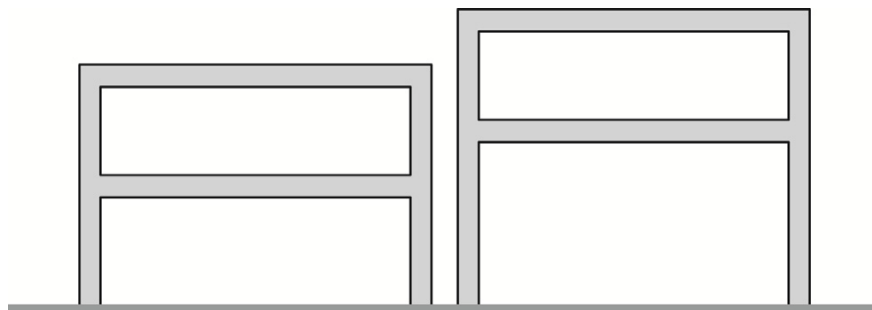
Se considera como posible efecto de golpeteo cuando la separación mínima no sea cumplida

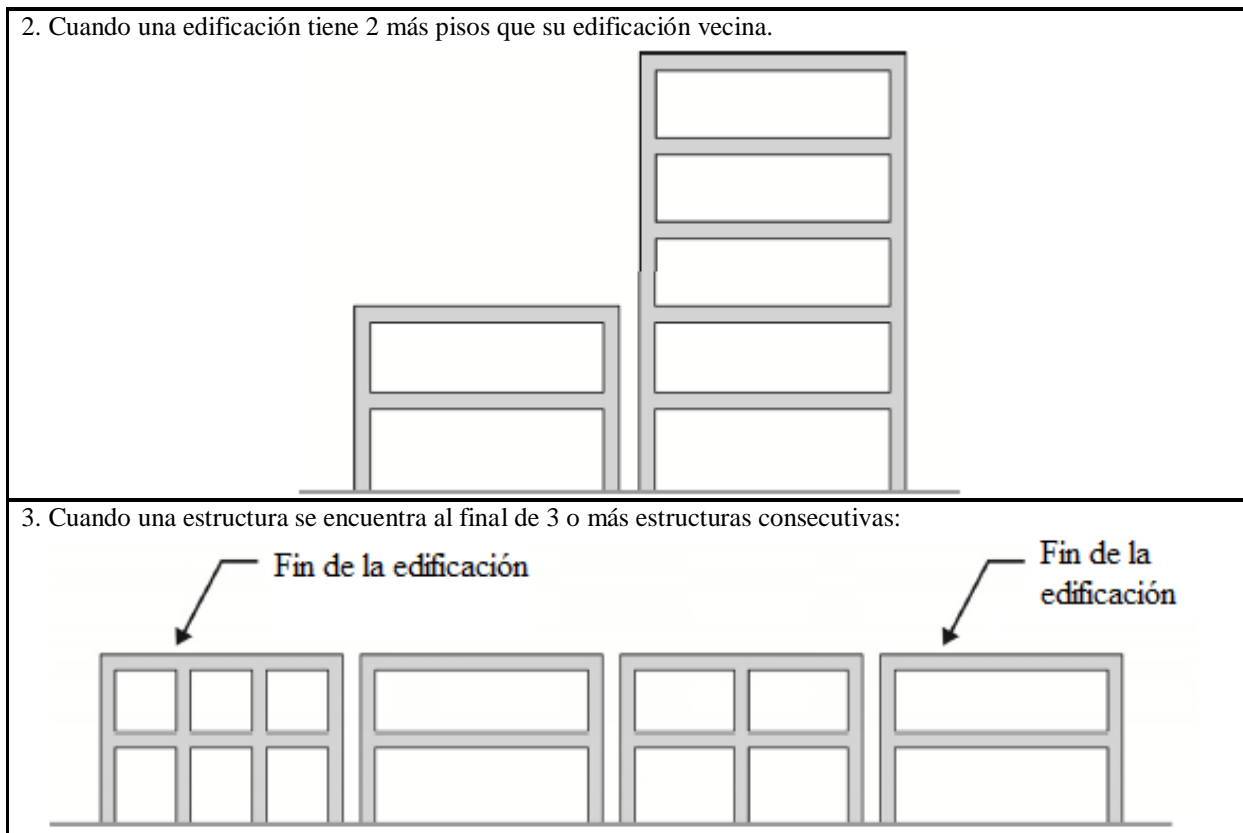
- 2 pulgadas por piso para el edificio más pequeño en regiones de sismicidad Muy alta
- 1 ½ pulgadas por piso para el edificio más pequeño en regiones de sismicidad Alta
- 1 pulgada por piso para el edificio más pequeño en regiones de sismicidad Moderadamente alta
- ½ pulgada por piso para el edificio más pequeño en regiones de sismicidad Moderado y bajo



además se cumpla con una de las siguientes características:

1. Las losas de entrepiso no coincidan en un mismo nivel, y su separación sea mayor a 60cm.



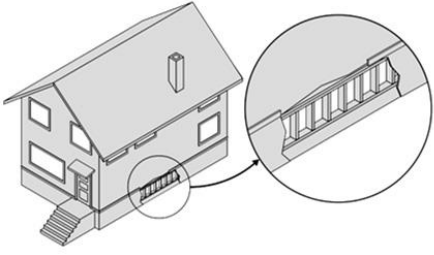
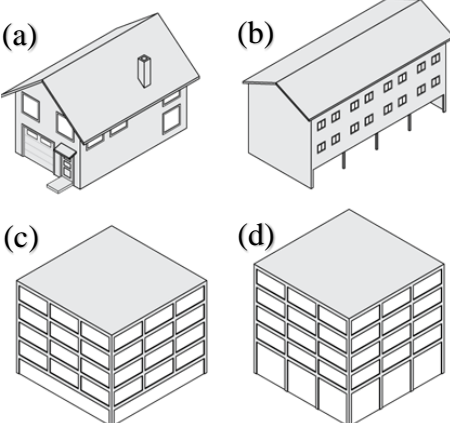
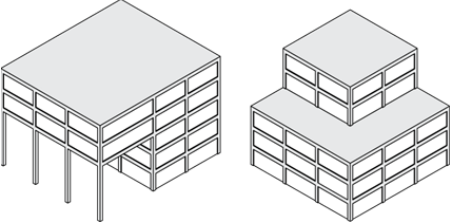


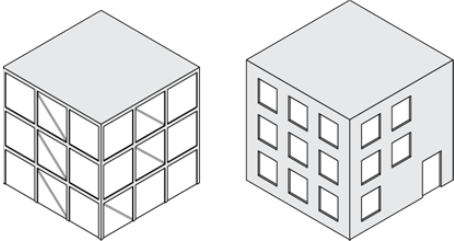
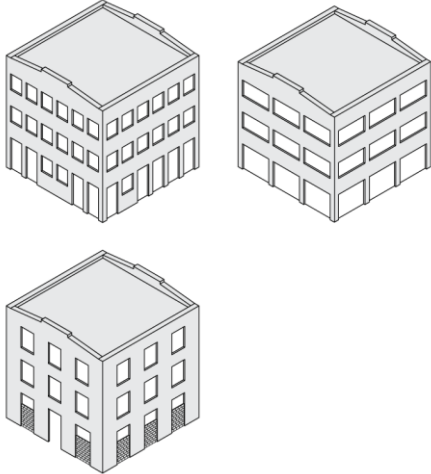
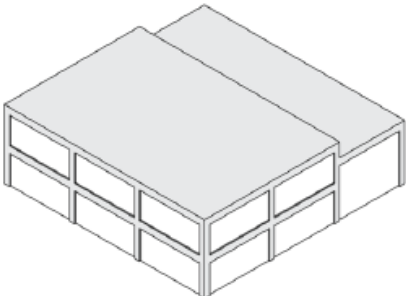
Fuente: FEMA P-154 (2015)

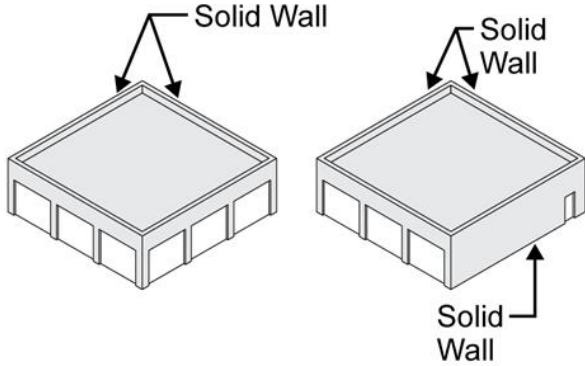

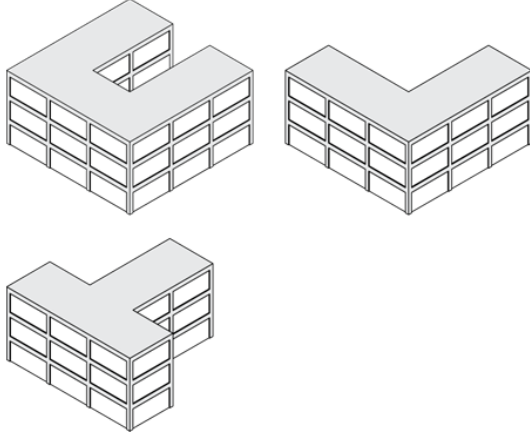
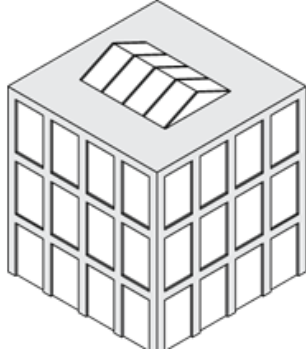
Tabla 12

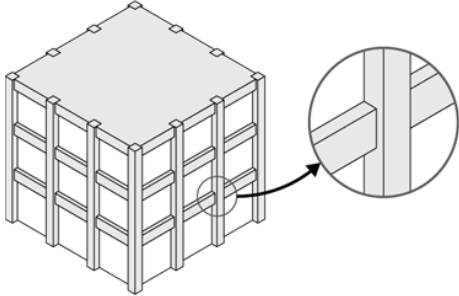
Irregularidades

Irregularidad vertical	Bosquejo	Severidad	Instrucciones para el primer nivel
Terreno en pendiente		Varios	Aplicar cuando hay al menos una pendiente de altura de un piso desde un lado de la edificación hasta el otro lado. Evaluar como severo para edificaciones W1 mostrada en la figura (a); evaluar Moderado para todo tipo de edificaciones ver figura (b).

Irregularidad vertical	Bosquejo	Severidad	Instrucciones para el primer nivel
Paredes cortas		Moderado	<p>Aplicar evaluación 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. Esta condición se considera como piso débil</p>
Planta débil y/o piso suave		Severo	<p>Aplicar: Figura (a): para edificaciones tipo W1, con espacios ocupados sobre garajes con paredes cortas sin confinar. Figura (b): Para estructuras del tipo W1-A, se tenga un frente abierto en la planta baja, que se deja como espacio para parqueaderos generalmente. Figura (c): 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 Figure (d): Uno de los pisos es mucho más alto que los otros pisos, generalmente el piso más alto suele ser el de la planta baja</p>
Discontinuidad Fuera del plano		Severo	<p>Aplicar 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.</p>

Irregularidad vertical	Bosquejo	Severidad	Instrucciones para el primer nivel
Discontinuidad en el plano		Moderado	<p>Aplicar 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</p> <p>Figura (a) edificio con diferencias de rigidez</p> <p>Figura (b) Muros de corte desalineados</p>
Columna corta		Severo	<p>Aplicar si:</p> <p>Figura (a): algunas columnas son más cortas, por la abertura irregular de muros</p> <p>Figura (b): las columnas son más estrechas en comparación con la profundidad de las vigas</p> <p>Figure (c): hay columnas cortas debido a muros de relleno.</p> <p>Nota: esta deficiencia se encuentra generalmente en viejos edificios de concreto y acero</p>
Niveles desplazados		Moderado	<p>Aplicar: 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</p>

Irregularidad en planta	Bosquejo	Instrucciones para el primer nivel
Torsión		<p>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 como se muestra en la Figura muros sólidos en un lado y grandes aperturas por el otro lado</p>
Sistemas no paralelos		<p>Aplicar si se tienen estructuras en forma de triángulos o con las esquinas que no logran formar ángulos de 90 grados</p>
Retrocesos en las esquinas		<p>Aplicar 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</p>
Diafragmas abiertos		<p>Aplicar cuando 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</p>

Irregularidad en planta	Bosquejo	Instrucciones para el primer nivel
Vigas no alineadas con columnas		Aplicar si las vigas exteriores no están alineadas por su eje con las columnas

Fuente: FEMA P-154 (2015)

En la parte inferior del formulario, se establece la puntuación básica fundamentada en uno de los 17 diferentes tipos de construcción planteados en la metodología FEMA P-154

Universidad Francisco de Paula Santander
 Ocaña - Colombia
 NIT. 800 163 130 - 0
 Vigilancia Mineducación

Formulario de evaluación visual rápida de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones
 FEMA P-154 Formato para la recolección de datos

FOTOGRAFIA

ROQUEJO

Alta Calidad

Sismicidad Moderada

Dirección: _____ Código postal: _____
 Otras referencias: _____
 Nombre de la edificación: _____
 Uso: _____
 Latitud: _____ Longitud: _____
 Sr: _____ Sr: _____
 Evaluador(es): _____ Hora y Fecha: _____

Nº de pisos: Sobre NT: _____ Año de construcción: _____ EST
 Año del código: _____
 Área total en planta (m²): _____
 Adiciones: Ninguna Si, Año(s) de construcción: _____

Ocupación: Sala de reuniones Comercial Emergencias Histórico Refugio
 Industrial Oficinas Escolar Gobierno
 Serv. Pub. Almacén Residencial: # unidades

Tipo de suelo: A B C D E F DNK
 Roca Roca Suelo Suelo Suelo Suelo Suelo Asistir tipo D
 Dura Media Dura Rápido Suave sobre

Peligros geológicos: Licuación Si/no/DNK Derrumbamiento Si/no/DNK
 Fugas de agua de superficie Si/no/DNK
 Adyacencia Golpes Peligro por objetos caídos de otras edificaciones

Irregularidades: Vertical (Tipo/Severidad) _____
 Plana (Tipo) _____

Peligros exteriores: Chimeneas sin refuerzo Revestimientos pesados
 Parapetos Anexos constructivos
 otros _____

COMENTARIOS:

Decisiones adicionales a comentarios bajo comando.

TIPO DE CONSTRUCCIÓN FEMA	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 (RD)	RM2 (RD)	URM	MH
Puntaje Básico	-4.1	3.7	3.2	2.3	2.2	2.9	2.2	2.6	1.7	2.1	1.4	1.8	1.5	1.8	1.8	1.2	2.2	
Irregularidad Vertical Severa, VI.1	-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	-0.8	N/A
Irregularidad Vertical moderada, VI.1	-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	-0.5	N/A
Irregularidad en Planta, PL.1	-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	-0.7	-0.5	N/A
Reglamento previo	-0.8	-0.9	-0.9	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.4	-0.7	-0.1	-0.4	-0.3	-0.5	-0.5	-0.5	-0.1	-0.3	
Reglamento actual	1.5	1.9	2.3	1.4	1.4	1.0	1.9	N/A	1.9	2.1	N/A	2.1	2.4	2.1	2.1	N/A	1.2	
Suelo Tipo 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	0.8	0.6	0.9
Suelo Tipo E (1-3 pisos)	0.0	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	0.0	-0.4	-0.5	-0.2	-0.4	-0.5	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.5	-0.5
Suelo Tipo E (>3 pisos)	-0.5	-0.8	-1.2	-0.7	-0.9	N/A	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.4	N/A	-0.3	-0.7	-0.7	-0.7	-0.3	N/A
Puntaje Mínimo, Sismo	1.6	1.7	0.8	0.2	0.4	0.9	0.5	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	1.4

PUNTAJACIÓN FINAL, SL1 ≥ Sismo

EXTENSIÓN DE LA REVISIÓN	OTROS PELIGROS	ACCIÓN REQUERIDA
Exterior <input type="checkbox"/> Parcial <input type="checkbox"/> Todos <input type="checkbox"/> Ado- Interior <input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Varios <input type="checkbox"/> Igual Placas verticales <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No Frente del tipo de suelo _____ Frente de los peligros geológicos _____ Frente contactos _____	<input type="checkbox"/> ¿Hay otros peligros que requieren una evaluación estructural detallada? <input type="checkbox"/> Potencial golpeteo (a menos que SL2 > cut-off) <input type="checkbox"/> Peligro de objetos que puedan caer de edificaciones adyacentes <input type="checkbox"/> Peligros geológicos o suelo tipo F <input type="checkbox"/> Daño o deterioro significativo en el sistema estructural	<input type="checkbox"/> ¿Se requiere una evaluación estructural detallada? <input type="checkbox"/> Si, Tipo de edificación FEMA desconocida u otro tipo de edificación <input type="checkbox"/> Si, puntaje menor que el cut-off <input type="checkbox"/> Si, otros peligros presentes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> ¿Se recomienda una evaluación no estructural no detallada? <input type="checkbox"/> Si, peligros no estructurales que deberían ser evaluados <input type="checkbox"/> No, existen peligros no estructurales que requieren de mitigación, pero no es necesaria una evaluación de tallada <input type="checkbox"/> No, no se han encontrado peligros no estructurales <input type="checkbox"/> DNK

Cualquier información que no pueda ser verificada, el evaluador deberá anotar lo siguiente: EST= Entendido o DNK= No se sabe
 Convenciones: MRF= Pórtico resistente a momentos RC= Concreto reforzado URM DOP= Mampostería no reforzada MH= Casa prefabricada PD= Diagrama flexible
 BR= Pórtico confinado SW= Muro de corte TU= Levantado LM= Mural ligero RD= Diagrama rígido

PUNTAJACIÓN BÁSICA, MODIFICADORES Y PUNTAJACIÓN FINAL D												
TIPO DE CONSTRUCCIÓN FEMA	DNK	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)

Figura 52. Identificación del tipo de edificación.
 Fuente: Autores, 2019.

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 se presentan en la siguiente tabla de ilustración, con sus respectivos códigos de identificación: (Apéndice E)



Tabla 13

Clasificación de la edificación (FEMA)

Clasificación de la edificación (FEMA)	Fotografía	Puntuación Básica según Z.A.S	Características y rendimiento
<p>W1</p> <p>Viviendas familiares o multifamiliares con pórticos de madera ligera, y de uno o más pisos de altura</p>		<p>(MA) = 2.1</p> <p>(A) = 3.6</p> <p>(MOA) = 4.1</p> <p>(M) = 5.1</p> <p>(B) = 6.2</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Paredes de madera entramada. Se construyen típicamente de 2 pulgadas por 4- pulgadas (2 pulgadas por 6 pulgadas para varios pisos). Los miembros verticales de madera se ponen a 16 pulgadas de distancia. ● La mayoría de los materiales de acabado exteriores comunes son el revestimiento de madera, revestimiento de metal, o estuco. ● Los edificios de este tipo han funcionado muy bien en el pasado, debido a las cualidades inherente del sistema estructural y porque son de peso ligero y baja altura. ● pueden aparecer grietas por terremotos inducidas en el yeso y en estuco. Pero se clasifican como daños no estructurales. ● El tipo más común de daños estructurales se da en edificios antiguos como resultado de una falta de conexión entre la superestructura y la base, además de un soporte inadecuado de las chimeneas.
<p>W1A</p> <p>Edificaciones residenciales múltiples de varios pisos, con pórticos de madera ligera y con áreas en cada planta de más de 300 metros cuadrados</p>		<p>(MA) = 1.9</p> <p>(A) = 3.2</p> <p>(MOA) = 3.7</p> <p>(M) = 4.5</p> <p>(B) = 5.9</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Por lo general son edificios residenciales, pero algunos pueden tener espacio comercial en la planta baja. ● Las grandes aberturas son comunes en la planta baja para el estacionamiento. Estos edificios a menudo se denominan "tuckunder" Camiones debajo ● W1A edificios con grandes aberturas en la planta baja para estacionamiento o para locales comerciales. Sin embargo han tenido mal comportamiento en terremotos pasados, debido a las grandes aberturas que crean un piso debil.


Clasificación de la edificación (FEMA)	Fotografía	Puntuación Básica según Z.A.S	Características y rendimiento
<p>W2</p> <p>Edificaciones comerciales e industriales con pórticos de madera y con superficies mayores de 500 metros cuadrados.</p>		<p>(MA) = 1.9</p> <p>(A) = 3.2</p> <p>(MOA) = 3.7</p> <p>(M) = 4.5</p> <p>(B) = 5.9</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Por lo general son edificios comerciales o industriales, son estructuras generalmente que tienen de uno a tres pisos y, en raras ocasiones, tan alto como seis pisos. ● Edificios comerciales e industriales con menos de 5.000 pies cuadrados, pueden ser asignados como tipo W2 también.
<p>S1</p> <p>Edificaciones con pórticos de acero resistentes a momento</p>		<p>(VH) = 1.5</p> <p>(H) = 2.1</p> <p>(MH) = 2.3</p> <p>(M) = 2.7</p> <p>(L) = 3.8</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Estructuras típicas con pórticos de acero resistentes a momento tienen anchuras de luces similares en las direcciones tanto de la transversales y longitudinales, alrededor de 20-30 pies. ● Los diafragmas de piso son por lo general de concreto, aunque a veces sobre cubiertas de acero. Este tipo estructural se utiliza para edificios comerciales, institucionales y públicos. ● Los terremotos en 1994 de Northridge y en 1995 de Kobe mostraron que las soldaduras en los edificios con pórticos de acero eran vulnerables a daño severo. El daño tomó la forma de conexiones rotas entre las vigas y columnas. ● La rigidez relativamente baja de los pórticos puede conducir a daños no estructurales sustanciales. ● Este edificio también podría tener un sistema de fuerza de resistencia sísmica de hormigón.


Clasificación de la edificación (FEMA)	Fotografía	Puntuación Básica según Z.A.S	Características y rendimiento
<p>S2</p> <p>Edificaciones con pórticos de acero confinados</p>		<p>(MA) = 1.4</p> <p>(A) = 2.0</p> <p>(MOA) = 2.2</p> <p>(M) = 2.6</p> <p>(B) = 3.9</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Estos edificios son reforzados con miembros diagonales, que por lo general no se pueden detectar desde el exterior del edificio. ● Pórticos arriostrados que se utilizan a veces para edificios altos y estrechos debido a su rigidez. ● Desde el exterior del edificio, es difícil decir la diferencia entre pórticos de acero, estructuras de acero arriostrados y marcos de acero con interior de muros de hormigón armado. ● En los últimos terremotos, los pórticos arriostrados fueron encontrados dañados en los marcos y conexiones, especialmente en los niveles bajos
<p>S3</p> <p>Construcciones metálicas ligeras</p>		<p>(MA) = 1.6</p> <p>(A) = 2.6</p> <p>(MOA) = 2.9</p> <p>(M) = 3.5</p> <p>(B) = 4.4</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● El sistema estructural por lo general consiste de tramas de momento en la dirección transversal y se preparó marcos en la dirección longitudinal, con corrugado revestimiento de chapa. En algunas regiones, construcciones metálicas ligeras pueden tener albañilería altura parcial ● El interior de la mayoría de estos edificios no tienen interiores finalizados y su esqueleto estructural puede verse fácilmente. ● La capacidad insuficiente de los aparatos de tensión puede conducir a su alargamiento y la consiguiente creación de daños durante terremotos. ● La conexión inadecuada a una losa de cimentación puede permitir que las columnas del edificio se deslicen sobre la losa. ● Puede producirse la pérdida de la vaina.


Clasificación de la edificación (FEMA)	Fotografía	Puntuación Básica según Z.A.S	Características y rendimiento
<p>S4</p> <p>Edificaciones con pórticos de acero y con muros de corte de hormigón fundido in situ.</p>		<p>(MA) = 1.4</p> <p>(A) = 2.0</p> <p>(MOA) = 2.2</p> <p>(M) = 2.5</p> <p>(B) = 4.1</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Las cargas laterales son resistidas por muros de corte, que generalmente rodean los núcleos de ascensores y escaleras, y están cubiertos por materiales de acabado. ● Una investigación interior permitirá un control del espesor de la pared. Un espesor de más de seis pulgadas por lo general indica un muro de corte de hormigón ● Puede ocurrir agrietamiento de muros alrededor de las aberturas de los muros de corte de concreto durante los temblores ● Las juntas de construcción de los muros pueden ser planos débiles, lo que resulta en una falla cortante en la pared debajo de la capacidad esperada. ● Este edificio también podría tener una estructura de hormigón.
<p>S5</p> <p>Edificaciones con pórticos de acero y con paredes de relleno de mampostería no reforzada</p>		<p>(MA) = 1.2</p> <p>(A) = 1.7</p> <p>(MOA) = 2.0</p> <p>(M) = 2.7</p> <p>(B) = 4.5</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Las columnas de acero son relativamente delgadas y pueden estar ocultos en las paredes. ● Por lo general, la mampostería está expuesta en el exterior con muelles estrechos (menos de 4 pies de ancho) entre ventanas. ● Las porciones de paredes sólidas se alinearán verticalmente. ● Los muros de relleno suelen ser de dos a tres de espesor. ● La mampostería enchapada de madera alrededor de las columnas o vigas suele estar mal anclada y se desprende fácilmente. ● Este edificio también podría tener una estructura de hormigón.

Clasificación de la edificación (FEMA)	Fotografía	Puntuación Básica según Z.A.S	Características y rendimiento
<p>C1</p> <p>Edificaciones de hormigón con pórticos resistentes a momento</p>		<p>(MA) = 1.0</p> <p>(A) = 1.5</p> <p>(MOA) = 1.7</p> <p>(M) = 2.1</p> <p>(B) = 3.3</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Todos los pórticos de hormigón expuestos se refuerzan (Pórticos sin acero revestidos de concreto) ● Un factor fundamental que rige el funcionamiento de pórticos resistentes a momentos de concretos es el nivel de ductilidad a detalle. ● Gran espaciamiento del refuerzo de las columnas puede conducir a una falta de confinamiento de concreto y falla de corte ● La falta de refuerzo continuo en la viga (puede resultar en deformaciones) durante la aplicación de la carga ● La rigidez relativamente baja del pórtico puede conducir a daños no estructurales sustanciales ● Pueden ocurrir daños en columnas debido a golpes con los edificios contiguos.
<p>C2</p> <p>Edificaciones con muros de corte de hormigón</p>		<p>(MA) = 1.2</p> <p>(A) = 2.0</p> <p>(MOA) = 2.1</p> <p>(M) = 2.5</p> <p>(B) = 4.2</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Edificios con muros de corte de concreto, generalmente se funden en el lugar, y muestran signos típicos de hormigón in situ. ● El espesor del muro de corte a menudo oscila de 6 a 18 pulgadas. ● Estos edificios generalmente se desempeñan mejor que edificios con pórticos de concreto. ● Son más pesados que los edificios con pórticos de acero, pero más rígidos debido a los muros de corte. ● Los daños que más comúnmente se observan ocurren en los edificios más altos causado por discontinuidades verticales, fuertes y configuración irregular.

Clasificación de la edificación (FEMA)	Fotografía	Puntuación Básica según Z.A.S	Características y rendimiento
<p>C3</p> <p>Edificaciones con estructura de hormigón y con paredes de relleno de mampostería no reforzada</p>		<p>(MA) = 0.9</p> <p>(A) = 1.2</p> <p>(MOA) = 1.4</p> <p>(M) = 2.0</p> <p>(B) = 3.5</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Columnas y vigas de concreto que pueden ser del espesor de la pared completa y puede ser expuesta para su visualización en los lados y la parte posterior del edificio. • Por lo general, la albañilería está expuesta en el exterior con muelles estrechos (menos de cuatro pies de ancho) entre ventanas. Las porciones de paredes sólidas se alinearán verticalmente. • Este tipo de construcción en general se construyó antes de 1940 en las regiones de alta sismicidad, pero se sigue construyendo en otras regiones • Muros de relleno tienden a doblarse y caer fuera del plano cuando se someten a fuertes fuerzas laterales hacia fuera del plano. • La mampostería enchapada de madera alrededor de las columnas o vigas suele estar mal anclada y se desprende fácilmente.
<p>PC1</p> <p>Edificaciones tilt-up, realizados con paneles de hormigón</p>		<p>(MA) = 1.1</p> <p>(A) = 1.6</p> <p>(MOA) = 1.8</p> <p>(M) = 2.1</p> <p>(B) = 3.8</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tilt-ups por lo general son de uno o dos pisos de altura y son básicamente de forma rectangular en planta. • Las paredes exteriores tradicionalmente se forman y se disponen en el suelo adyacente a su posición final, y luego se inclina hacia arriba y se une a la losa de piso. • El techo puede ser un diafragma de madera contrachapada realizado en correas de madera y vigas de madera laminada o un sistema con cubierta y viguetas de acero ligero, soportado en el interior del edificio con columnas tipo tubo de acero. • Diafragma Débil por los resultados del anclaje en los paneles de pared que caen y generan el colapso del diafragma soportado (o techo)

Clasificación de la edificación (FEMA)	Fotografía	Puntuación Básica según Z.A.S	Características y rendimiento
<p>PC2</p> <p>Edificaciones con pórticos de hormigón prefabricados</p>	 <p>Edificación en construcción</p>  <p>Edificación culminada</p>	<p>(MA) = 1.0</p> <p>(A) = 1.4</p> <p>(MOA) = 1.5</p> <p>(M) = 1.9</p> <p>(B) = 3.3</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Son en esencia estructuras prefabricadas de concreto, y básicamente es la construcción de vigas y columnas de hormigón. • Son estructuras que a menudo emplean muros de corte de hormigón o mampostería reforzada (ladrillo o bloque). • El rendimiento es muy diferente y es a veces pobre. Además de daños similares los muros de corte de los edificios C2, los edificios PC2 tienen problemas adicionales de la siguiente manera. • Conexiones mal diseñadas entre elementos prefabricados pueden fallar. • Puede ocurrir pérdida de soporte vertical debido a una inadecuada superficie de apoyo y una conexión insuficiente entre elementos de suelo y columnas. • Puede ocurrir corrosión del metal entre elementos prefabricados.
<p>RM1</p> <p>Edificaciones de mampostería reforzada con piso flexible y diafragmas de techo</p>	 	<p>(MA) = 1.1</p> <p>(A) = 1.7</p> <p>(MOA) = 1.8</p> <p>(M) = 2.1</p> <p>(B) = 3.7</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Todas las paredes son de ladrillo o de bloque de concreto. • El espesor de pared es por lo general de 8 pulgadas a 12 pulgadas. • Se requiere una inspección interna para determinar si los diafragmas son flexibles o rígidos. • Los sistemas más comunes son de pisos flexibles o diafragmas de madera o de acero ligero. • Estos edificios pueden desempeñarse bien en terremotos moderados si están reforzados adecuadamente, con suficiente anclaje del diafragma. • La práctica deficiente de la construcción puede resultar en paredes sin lechada y no reforzados, los cuales van a fallar fácilmente.

Clasificación de la edificación (FEMA)	Fotografía	Puntuación Básica según Z.A.S	Características y rendimiento
<p>RM2</p> <p>Edificaciones de mampostería reforzada con suelo rígido y diafragmas de techo</p>		<p>(MA) = 1.1</p> <p>(A) = 1.7</p> <p>(MOA) = 1.8</p> <p>(M) = 2.1</p> <p>(B) = 3.7</p>	<ul style="list-style-type: none"> Las paredes son de ladrillo o de bloque de concreto. El espesor de pared es por lo general de 8 pulgadas a 12 pulgadas. Se requiere una inspección interna para determinar si los diafragmas son flexibles o rígidos. Los sistemas más comunes son de pisos rígido y diafragmas de madera, sistemas de concreto prefabricado o de metal deck. Estos edificios pueden desempeñarse bien en terremotos moderados si están reforzados adecuadamente, con suficiente anclaje del diafragma. La práctica deficiente de la construcción puede resultar en paredes sin lechada y no reforzados, los cuales van a fallar fácilmente.
<p>URM</p> <p>Edificaciones con paredes portantes no reforzadas</p>		<p>(MA) = 0.9</p> <p>(A) = 1.0</p> <p>(MOA) = 1.2</p> <p>(M) = 1.7</p> <p>(B) = 3.2</p>	<ul style="list-style-type: none"> Estos edificios utilizan a menudo mortero débil de cal para unir las unidades de mampostería juntos. Arcos son a menudo una característica arquitectónica de los edificios muro de ladrillo más antiguos. Otros métodos de construcción incluyen acero y dinteles de piedra mampostería no reforzada, por lo general muestra ladrillos de cabecera en la superficie de la pared. El rendimiento de este tipo de construcción es deficiente debido a la falta de anclaje de las paredes de los pisos y techos, mortero suave y muelles estrechos entre las aberturas de las ventanas.

Clasificación de la edificación (FEMA)	Fotografía	Puntuación Básica según Z.A.S	Características y rendimiento
<p>MH</p> <p>Viviendas prefabricadas</p>		<p>(MA) = 1.4</p> <p>(A) = 1.8</p> <p>(MOA) = 2.2</p> <p>(M) = 2.9</p> <p>(B) = 4.6</p> <p>**</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estos edificios pueden ser casas móviles o edificios modulares, como los utilizados para salones portátiles. • Los edificios son móviles, levantado de la tierra, no anclada al suelo, y pueden o no tener un sistema de abrazaderas resistentes a los terremotos (EC). • Las casas prefabricadas son típicamente un piso y vienen en diferentes tamaños. Una sola unidad de todo puede tener hasta 18 pies de ancho. Un doble-unidad es de 20 pies o más de ancho. • Los Pisos y techos se construyen generalmente con madera contrachapada o tableros de fibra orientada, y las superficies exteriores están cubiertas con hojas de metal • La fuente principal de daño se produce debido a la falta de una conexión de base permanente o un sistema de arriostamiento resistente a los terremotos. En sacudidas moderadas, el edificio puede caer de sus soportes, y puede penetrar el suelo. Las conexiones de las líneas de servicios se pueden separar, y escapes de gas pueden causar incendios

Zona de amenaza sísmica (Z.A.S)

**

(MA) Muy alta

(A) Alta

(MOA) Moderadamente alta

(M) Moderada

(B) Baja

Fuente: FEMA P-154 (2015)

En el formulario, luego de seleccionar el tipo de edificación, se determinan las irregularidades, así como otros tipos de modificadores que ya se mencionaron con anterioridad, como el tipo de suelo y el año de construcción.

La última sección del formulario, está compuesto por tres partes que se muestran en las siguientes figuras

EXTENSIÓN DE LA REVISIÓN			
Exterior	<input type="checkbox"/> Parcial	<input type="checkbox"/> Todos	<input type="checkbox"/> Aéreo
Interior	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Visible	<input type="checkbox"/> Ingreso
Planos revisados	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No		
Fuente del tipo de suelo	_____		
Fuente de los peligros geológicos	_____		
Persona contacto:	_____		
¿EVALUACIÓN DEL NIVEL 2 REALIZADA?			
<input type="checkbox"/>	Si, Puntaje Final del segundo nivel, SL2 _____	<input type="checkbox"/>	No
	¿Peligros no estructurales	<input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/> No

Fuente: FEMA P-154 (2015)

Se precisa el alcance de la evaluación en donde se muestra que tan exhaustiva fue la revisión y si se realizó la segunda evaluación opcional

OTROS PELIGROS
<input type="checkbox"/> ¿Hay otros peligros que requieren una evaluación estructural detallada
<input type="checkbox"/> Potencial golpeteo (a menos que SL2 > cut-off)
<input type="checkbox"/> Peligro de objetos que puedan caer de edificaciones adyacentes
<input type="checkbox"/> Peligros geológicos o suelo tipo F
<input type="checkbox"/> Daño o deterioro significativo en el sistema estructural

Fuente: FEMA P-154 (2015)

El recuadro intermedio nos da la opción de señalar si existen otros tipos de peligros adicionales

ACCIÓN REQUERIDA	
¿Se requiere una evaluación estructural detallada	
<input type="checkbox"/>	SI, Tipo de edificación FEMA desconocida u otro tipo de edificación
<input type="checkbox"/>	Si, puntaje menor que el cut-off
<input type="checkbox"/>	Si, otros peligros presentes
<input type="checkbox"/>	No
¿Se recomienda una evaluación no estructural no detallada?	
<input type="checkbox"/>	Si, peligros no estructurales que deberían ser evaluados
<input type="checkbox"/>	No, existen peligros no estructurales que requieren de mitigación, pero no es necesaria una evaluación de tallada
<input type="checkbox"/>	NO, no se han encontrado peligros no estructurales
	<input type="checkbox"/> DNK

Fuente: FEMA P-154 (2015)

Por último se presenta qué tipo de acción se requiere en la edificación evaluada.

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).

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).

El Segundo nivel del formulario, que es opcional muestra una evaluación más profunda sobre cada uno de los modificadores de puntaje



Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña - Colombia
Vigilada MinEducación





Sismicidad Moderada

Formulario de evaluación visual rápida de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones
FEMA P-154 Formato para la recolección de datos

FOTOGRAFIA

Dirección: _____ **Código postal:** _____

Otras referencias: _____

Nombre de la edificación: _____

Uso: _____

Latitud: _____ **Longitud:** _____

Sr: _____ **Sq:** _____

Evaluador(es): _____ **Hora y Fecha:** _____

Nº de pisos: Sobre NT: _____ Bajo NT: _____ **Año de construcción:** _____ EST

Área total en planta (m²): _____ **Año del código:** _____

Adiciones: Ninguna SI, Año(s) de construcción: _____

Ocupación: Sala de reuniones Comercial Emergencias Histórico Refugio
Industrial Oficinas Escolar Gobierno
Serv. Pub. Almacén Residencial: # unidades: _____

Tipo de suelo: A Roca B Roca C Suelo D Suelo E Suelo F Suelo DNK
Dura Media Densa Rizado Suave nohra Anzón tipo D

Peligros geológicos: Licuación Sí/no/DNK Destrozamiento Sí/no/DNK
Ruptura de falla de superficie Sí/no/DNK

Adyacencia: Golpeteo Peligro por objetos caídos de otras edificaciones

Irregularidades: Vertical (Tipo/Severidad) _____
 Planta (Tipo) _____

Peligros exteriores: Chimeneas sin refuerzo Revestimientos pesados
 Parapetos Anexos constructivos
 otros _____

COMENTARIOS:

Bosquejos adicionales o comentarios en hoja separada

PUNTAJACIÓN BÁSICA, MODIFICADORES Y PUNTAJACIÓN FINAL DEL PRIMER NIVEL SLI																		
TIPO DE CONSTRUCCIÓN FEMA	DNK	W1	W1A	W2	S1 (ARF)	S2 (BR)	S3 (LAE)	S4 (RC)	S5 (URM SW)	C1 (ARF)	C2 (SW)	C3 (URM DFP)	PC1 (TU)	PC2	RMI (R)	RMI2 (R2)	URM	MII
Puntaje Básico		4.1	3.7	3.2	2.3	2.2	2.9	2.2	2.6	1.7	2.1	1.4	1.8	1.5	1.8	1.8	1.2	2.2
Irregularidad Vertical Severa, VLI		-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	N/A
Irregularidad Vertical moderada, VLI		-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	N/A
Irregularidad en Planta, PLI		-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	N/A
Reglamento previo		-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
Reglamento actual		1.5	1.9	2.3	1.4	1.4	1.0	1.9	N/A	1.9	2.1	N/A	2.1	2.4	2.1	2.1	N/A	1.2
Suelo Tipo 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
Suelo Tipo 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
Suelo Tipo E (>3 pisos)		-0.5	-0.8	-1.2	-0.7	-0.9	N/A	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.4	N/A	-0.3	-0.7	-0.7	-0.3	N/A
Puntaje Mínimo, Smin		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

PUNTAJACIÓN FINAL, SLI ≥ Smin


EXTENSIÓN DE LA REVISIÓN	OTROS PELIGROS	ACCIÓN REQUERIDA
Exterior <input type="checkbox"/> Parcial <input type="checkbox"/> Todos <input type="checkbox"/> Adiso <input type="checkbox"/> Interior <input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Viable <input type="checkbox"/> Ingreso <input type="checkbox"/> Pisos revisados <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No _____ Fuente del tipo de suelo _____ Fuente de los peligros geológicos _____ Persona contacto _____	<input type="checkbox"/> ¿Hay otros peligros que requieren una evaluación estructural detallada? <input type="checkbox"/> Potencial golpeteo (a menos que SL2+ cut-off) <input type="checkbox"/> Peligro de objetos que puedan caer de edificaciones adyacentes <input type="checkbox"/> Peligros geológicos o suelo tipo F <input type="checkbox"/> Dado o deterioro significativo en el sistema estructural	<input type="checkbox"/> ¿Se requiere una evaluación estructural detallada? <input type="checkbox"/> SI, Tipo de edificación FEMA desconocida u otro tipo de edificación <input type="checkbox"/> SI, puntaje menor que el cut-off <input type="checkbox"/> SI, otros peligros presentes <input type="checkbox"/> No _____ <input type="checkbox"/> ¿Se recomienda una evaluación no estructural no detallada? <input type="checkbox"/> SI, peligros no estructurales que deberían ser evaluados <input type="checkbox"/> No, existen peligros no estructurales que requieren de mitigación, pero no es necesaria una evaluación de tallada <input type="checkbox"/> NO, no se han encontrado peligros no estructurales <input type="checkbox"/> DNK
<input type="checkbox"/> ¿EVALUACIÓN DEL NIVEL 2 REALIZADA? SI, Puntaje Final del segundo nivel, SL2 _____ <input type="checkbox"/> No _____ ¿Peligros no estructurales _____ <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No _____		

Cualquier información que no pueda ser verificada, el evaluador deberá anotar lo siguiente: EST= Estimado o DNK= No se sabe

Conexiones: MRP= Partes reducidas o aumentadas RC= Concreto reforzado URM DFP= Mampostería no reforzada MP= Casa prefabricada PD= Dignos fáciles
 BR= Partes confinadas SW= Marco de corta TU= Levantado LM= Metal ligero ED= Dignos rígido




Figura 54. Formulario del primer nivel

Fuente: FEMA P-154 (2015)



Universidad Francisco de Paula Santander
Cúcuta - Colombia
Vigilada Mineducación

NIT. 800 163 130 - 0

Formulario de evaluación visual rápida de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones

FEMA P-154 Formas para la recolección de datos **Sismicidad Moderadamente Alta**

La evaluación de Nivel 2 debe ser realizada por un ingeniero civil o estructural, arquitecto o estudiante graduado que tenga experiencia en la evaluación o diseño sísmico de estructuras.

Nombre de la edificación	Puntaje final del subnivel actual NI 2 =	(No considere 1 más)
Evaluadores	Modificadores de Irregularidad del Nivel 1	Irregularidad Vertical 12.1 =
Fecha	PUNTAJE AJUSTADO BASE	Irregularidad en planta, P1.1 =

MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA SER CONSIDERADOS EN EL PUNTAJE AJUSTADO BASE			
Categoría	Descripción (se no cumplen, marcar se un círculo el modificador "SI", como contrario indicar el modificador "NO")	SI	Subtotal
Irregularidad vertical, V1.2	Desnivel en planta Edificación W1: Existe al menos un piso completo de diferencia de nivel entre un lado de la edificación con respecto al otro. Edificación no W1: Existe al menos un piso completo de diferencia entre un lado de la edificación con respecto al otro.	-1.3	
	Piso del tipo piso suave Edificación W1 con paredes cortas de retención de muros, se cumple una pared corta de muros no confinada en el espacio de piso. Edificación W1 con espacio ocupado sobre el garaje: Por debajo del piso ocupado, existe un garaje sin un piso de concreto a momento y existe menos de 20 cm de pared en la misma línea (para: pisos ocupados por encima del garaje, una altura mínima 100 cm de pared). Edificación W1A con aberturas frontales: Existen aberturas en la planta baja (como pasadizos) > 20% de la longitud de la edificación.	-0.6	
	Medida en círculo Edificación no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso no menor que el 50% que la del piso superior o la altura de cualquier piso no mayor de 2.0 veces la altura del piso superior. Edificación no W1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso no menor que 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.	-1.0	
	Desniveles Las elevaciones verticales del sistema lateral en un piso superior están desplazadas hacia fuera con respecto al piso inferior con respecto que al desplazamiento de piso inferior en cualquier dirección. Las elevaciones verticales del sistema lateral en pisos superiores están desplazadas hacia adentro con respecto a pisos inferiores. Existe una discontinuidad en el plano de los miembros laterales que no mayor que la longitud de estos miembros.	-1.0	
	Cilindros cortos C1, C2, C3, PC1, PC2, K041, K042, K043: Al menos el 20% de los cilindros (o pilares) a lo largo del eje de cilindros en el sistema lateral tienen relaciones altura/profundidad menores al 50% de la relación máxima altura/profundidad en ese nivel. C1, C2, C3, PC1, PC2, K041, K042, K043: La profundidad de la columna (o muro de planta) no menor que la mitad de la profundidad del zapicho, o mínimo permitido de refuerzo o piso adyacente que soporta a la columna.	-0.5	
	Nivel desplazado Existe un nivel desplazado en una de las plantas o en el techo.	-0.5	
	Otro Se observa otra irregularidad vertical en edificación que obviamente afecta al desempeño sísmico de la edificación.	-1.0	V1.2=
	Irregularidad Se observa otra irregularidad vertical en edificación que obviamente afecta al desempeño sísmico de la edificación.	-0.5	(Page 1.2)
	Irregularidad en planta, P1.2 Irregularidad lateral: El sistema lateral no aparece simétricamente bien distribuido en planta en cualquier dirección o en ambas direcciones. (No se incluye la abertura frontal de la edificación P1.1 mencionada anteriormente.)	-0.8	
	Edificios no simétricos Edificio que a cada aberturas verticales, miembros del sistema lateral que no se alinean entre sí. Edificios no simétricos: Existen discontinuidades desde una esquina interior respecto al 50% de toda la longitud en planta en una dirección. Abertura de fachada de piso: Existe una abertura en el nivel superior de piso con un ancho mayor al 50% del ancho total del despliegue en esa nivel. Discontinuidad fuera del plano en edificaciones C1, C2: Las vigas exteriores no están alineadas con las columnas en planta. Otra irregularidad: Se observa otra irregularidad en planta que obviamente afecta al desempeño sísmico de la edificación.	-0.4	P1.2=
Rechazar La edificación tiene al menos dos veces con elementos laterales en cada lado de la edificación en cada dirección.	+0.3		
Objetos La edificación está separada de la estructura adyacente en menos del 0.5% de la altura. La edificación está bajo y estructura adyacente.	-1.0	El valor límite del modificador por golpes es: 1.0	
Edificación S2 Arquitectónicamente con geometría L.	-1.0		
Edificación C1 Paredes planas contra viento: Vigas en el piso de concreto a momento.	-0.5		
Edificación PC1/S0M1 Existen conexiones entre muros y el techo que son viables o que se les ha podido aplicar en planta que no tienen líneas perpendiculares a las líneas. (No se aplican los modificadores de Post-Reflexión o Rendimiento)	+0.3		
Edificación PC1 La edificación está estructuralmente separada, paredes interiores de altura completa (en lugar de un espacio interior con paredes parciales como en un ático).	+0.3		
URM Paredes triangulares pesadas.	+0.4		
MPI Existencia de un sistema de aislamiento sísmico adicional, implementado entre la estructura y el suelo.	+1.2		
Rendimiento Rendimiento sísmico integral en visible o no se conoce de partes de la edificación.	+1.4	NI 2=	

PUNTAJE FINAL NIVEL 2: NI 2 = NI 1 + V1.2 + P1.2 + M1.2 + M2.2 *(Transferir al nivel actual)*

Se observa algún dato o dato o dato u otro condición que afecta significativamente al desempeño sísmico de la edificación: () SI () NO
SI se marcó SI, describir la condición en la parte inferior e indicar en el formulario del Nivel 1 que una evaluación detallada se requiere independiente del puntaje del NI 2.

PREJUDICER NO ESTRUCTURALES EVIDENTES			
Subcategoría	Aspecto (Buscar "SI" o "NO")	SI	NO
Exterior	Existe un empalme de carpintería no reforzada no arriostrada o una aberturas de carpintería no reforzada.		
	Existen conexiones pesadas.		
	Existe una abertura pesada entre puntas de salida o puntas pesadas que parecen estar empalmadas de manera inadecuada.		
	Existe un empalme de carpintería no reforzada entre puntas de salida o puntas pesadas.		
	Existe un espacio utilizado en la edificación que indica que hay materiales peligrosos pesados.		
	Existe una edificación adyacente más alta con una pared URM no arriostrada o un empalme URM no arriostrado o aberturas.		
Interior	Otro peligro exterior observable no estructural que pueda caer.		
	Existen las de salida o tabiques de salida en gradas o corredores de salida. Otro peligro interior observable no estructural que pueda caer.		

Desempeño Sísmico No Estructural Detallado (Buscar el recuadro apropiado y transferirlo a las conclusiones del Resumen 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 insignificantes que amenazan a la seguridad de vida de los ocupantes → No se requiere Evaluación No Estructural Detallada

Comentarios:

Figura 55. Formulario del segundo nivel

Fuente: FEMA P-154 (2015)

FEMA P-154 Formato para la recolección de datos

Sismicidad Moderadamente Alta

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 del primer nivel $SL1 =$ (No considerar S_{min})		
Evaluadores	Modificadores de irregularidad del Nivel 1	Irregularidad Vertical $VL1 =$	Irregularidad en planta, $PL1 =$
Fecha	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	Subtotal	
Irregularidad vertical, 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 de nivel entre un lado de la edificación con respecto al otro.	-0.3	
	Piso débil y/o piso suave	Edificación W1 con paredes cortas de entramado de madera: es visible una pared corta de madera no confinada en el espacio dejado.	-0.6	
		Edificación W1 con espacio ocupado sobre el garaje: Por debajo del piso ocupado, existe un garaje sin un pórtico resistente a momento y existe menos de 40 cm de pared en la misma línea (para pisos ocupados por encima del garaje, usar como mínimo 40 cm de pared)	-1.3	
		Edificación W1A con abertura frontal: Existen aberturas en la planta baja (como parqueaderos) $\geq 50\%$ de la longitud de la edificación	-1.3	
	(Máximo un círculo)	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	
	Discontinuo	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 -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	PL2=
	Sistemas no paralelos: Existen uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.	-0.4	
	Retrocesos en esquinas: 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	
	Otra irregularidad: Se observa otra irregularidad en planta que obviamente afecta al desempeño sísmico de la estructura.	-0.8	
	Redundancia	La edificación tiene al menos dos vanos con elementos laterales en cada lado de la edificación en cada dirección.	
Golpeteo	La edificación está separada de la estructura adyacente en menos del 0.5% de la altura	Los pisos no se alinean verticalmente por más de 61 cm	El valor límite del modificador por golpeteo es -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	1.3
Edificación S2	Arriostamiento 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	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 arriostamiento 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, $SL2 = (S' + VL2 + PL2 + M) \geq S_{min}$			(Transferir al primer nivel)

Figura 56. Modificadores de puntaje del segundo nivel

Fuente: FEMA P-154 (2015)

Como se puede observar, el segundo formulario corresponde a una evaluación mas profunda de los modificadores de puntaje, en donde se hace especial hincapie en cada una de las irregularidades, tipos de edificación, redundancia, readecuación, tipos de edificación, entre otras.

Se observa algún daño o deterioro u otra condición que afecta negativamente al desempeño sísmico de la edificación: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> 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 del edif.			
PELIGROS NO ESTRUCTURALES EVIDENTES:			
Ubicación	Aspecto (Revisar "Si o "No")	SI	NO
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 confinados o chimenea.		
Interior	Otro peligro exterior observable no estructural que pueda caer.		
	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 (Revisar el recuadro apropiado y transferirlo a las conclusiones del formulario del Nivel 1)			
<input type="checkbox"/> Peligros potenciales no estructurales con una amenaza significativa a la seguridad de vida de los ocupantes → Evaluación No Estructural Detallada recomendada <input type="checkbox"/> Peligros no estructurales identificados con una amenaza significativa a la seguridad de vida de los ocupantes → Pero no requiere una Evaluación No Estructural Detallada <input type="checkbox"/> Peligros no estructurales menores o inexistentes que amenacen a la seguridad de vida de los ocupantes → No se requiere Evaluación No Estructural Detallada			
Comentarios:			

Figura 57. Información adicional segundo nivel.

Fuente: FEMA P-154 (2015)

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

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

Transferencia de los Resultados de Formulario del segundo Nivel al primer Nivel. El resultado final del segundo nivel (SL2) se lo debe trasladar al formulario del primer nivel 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).

Por ultimo para mayor claridad se muestra un ejemplo de evaluación realizada a una de las edificaciones que componen el análisis de vulnerabilidad realizado en el municipio de Ocaña Norte de Santander

Estudio de caso del barrio Betania en Ocaña norte de Santander.

“Ejemplo de aplicación de la Evaluación Visual rápida FEMA P-154”.

Como estudio de caso se evaluara El Edificio Sorian, ubicado al lado del puente de la transversal del rio chiquito A la llegada al sitio, los evaluadores observaron el edificio desde diferentes perspectivas como se muestra en la (Figura 10).



Figura 58. Vista exterior del edificio Sorian

Fuente: Autores, 2019.

Los evaluadores contactaron al ingeniero constructor del edificio quien proporciono todo tipo de información como planos, estudios de suelos, además de dirección de la calle, entre otros datos de identificación del formulario. Los investigadores determinaron el número de pisos del edificio Sorian es 5. Y el uso del edificio es residencial. Se calculó el área en planta por medio de autocad, en los planos entregados por el constructor. Basado en esta información, el total de metros cuadrados se estimó en 576 cuadrados (5 pisos por 115 metros cuadrados).

El número de plantas, el uso y área fueron escritos en el formulario. Basado en la información dada por el contratista, el año de construcción fue el 2012.

A la hora de realizar la evaluación del primer nivel, no se encontró edificaciones aledañas, con las que pueda ocurrir el fenómeno de golpeteo. Con ayuda de los planos y consultando las guías de referencia de irregularidades verticales y en Planta, los evaluadores determinaron que el edificio tiene una irregularidad vertical considerada como moderada, así mismo también se determinó irregularidad en planta. Como se pueden ver en los bocetos en planta y en elevación.

Los Bocetos que se presentan a continuación de la vista en planta y en elevación de la construcción fueron proporcionados por el constructor.

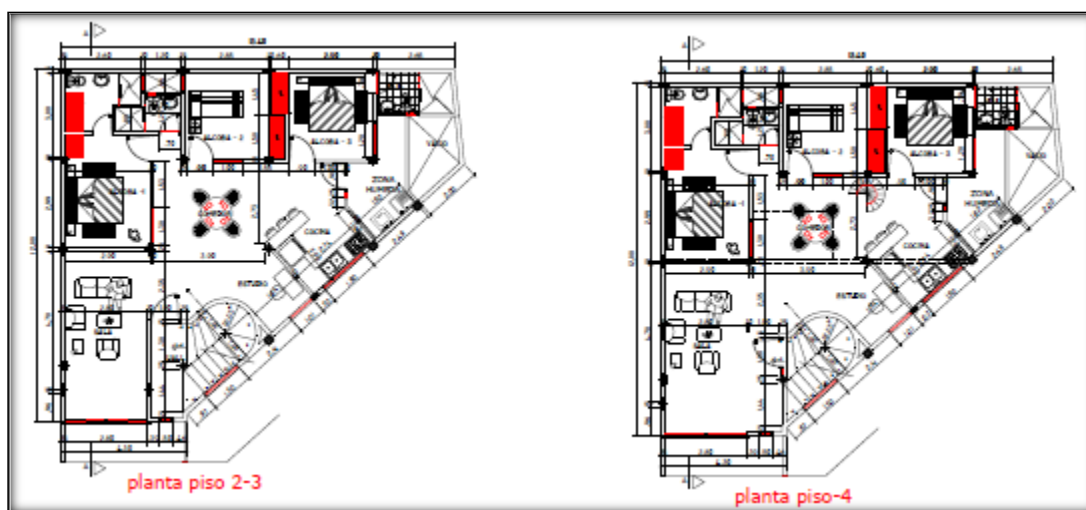


Figura 59. Plano en planta de edificio Sorian

Fuente: Autores, 2019.

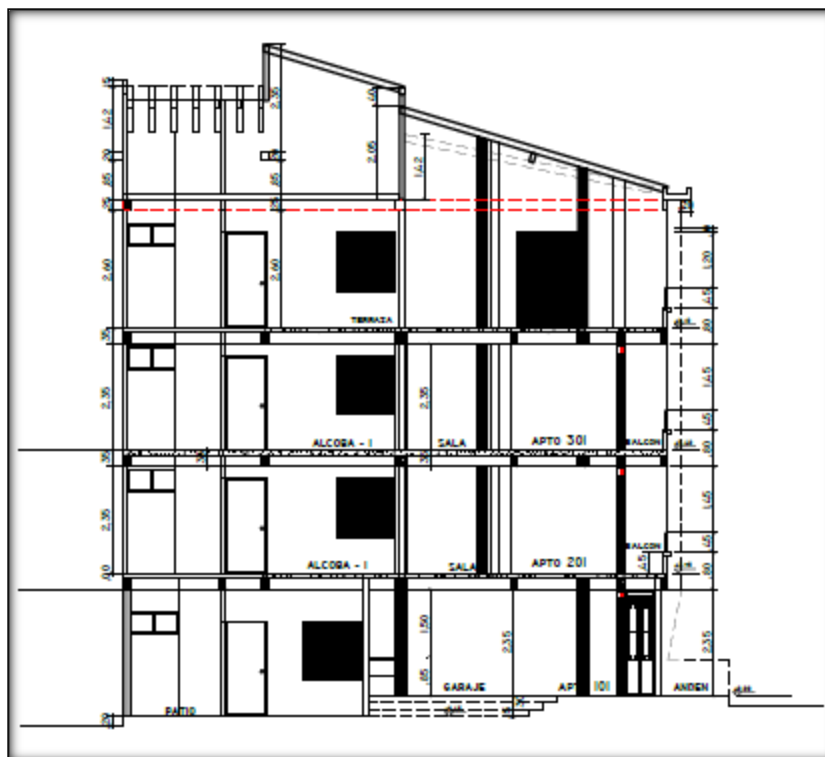


Figura 60. Plano en elevación del edificio Soriano.

Fuente: Autores, 2019.

Tomando nota de que se trataba de un edificio de 5 pisos, una revisión del esqueleto estructural en la parte posterior del edificio, indicó que las opciones probables para FEMA Tipo de Edificio eran C1, C2, o C3. Con ayuda del constructor se determinó el edificio era Tipo C1, estructura de concreto reforzado con relleno de mampostería no reforzada, y se trabajó con los datos numérico que acompañan a la puntuación básica, y se diligencio en el formulario de recogida de datos.



Figura 61. Vista del edificio de Sorian (Betania)

Fuente: Autores, 2019.


El investigador comprobó la Guía de referencia rápida y se compara la fecha estimada de la construcción para el año post-código para el tipo de FEMA Edificio C1. El edificio se construyó en 2012 después del año de post-código de 2010, por lo tanto se rayó un círculo alrededor del modificador de post-código. O reglamento actual

Tomando nota de que según el ingeniero constructor el suelo es de tipo D, según lo determinado durante la fase de adquisición de datos pre-campo. El total de la puntuación Básica más los modificadores fue de $1,7 - 0,6 - 0,7 + 1,9 = 2,3$. Lo que indica una probabilidad de falla del 0,5%.

Tomando nota de que esta puntuación fue mayor a la mínima, $S_{MIN} = 0,3$, el agente de control indicaron que la Final Nivel 1 Score, S_{L1} , fue de 2,3. Bajo Alcance de la revisión, el agente de control señaló que era capaz de ver todos los lados del edificio marcando la casilla “todos” en virtud del exterior. Indicó que era capaz de ver el interior del edificio mediante la comprobación “Visible” en Interior.




Bajo Otros peligros, señaló que no poseía otros peligros por lo que no requiere una evaluación detallada estructural.

Debido a que la puntuación final del edificio es mayor que el punto de corte de 2,0, y debido a que no posee otros peligros presentes, el edificio no requiere una evaluación estructural detallada por un diseñador estructural con experiencia profesional.





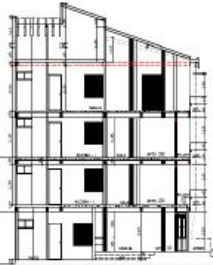
Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña - Colombia
Vigilada Mineducación

NIT. 800 163 130 - 0

Formulario de evaluación visual rápida de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones
FEMA P-154 Formato para la recolección de datos

Sismicidad Moderadamente Alta

Dirección: Barrio Betania, calle 12.
Código postal: _____
Otras referencias: Edificio al lado del puente de la transversal del río chiquito
Nombre de la edificación: Edificio Sorian
Uso: Residencial
Latitud: 8°14'25,17" **Longitud:** 73°21'8,79"
Aa: 0,20 **Av:** 0,20
Evaluador(es): Ricardo y Freddy **Hora y Fecha:** 21 de agosto de 2019

N° de pisos: Sobre NT: 5 Bajo NT: 0 **Año de construcción:** 2012 EST
Área total en planta (m²): 576 **Año del código:** 2010
Adiciones: Ninguna Si, Año(s) de construcción _____

Ocupación: Sala de reuniones Comercial Emergencias Histórico Refugio
Industrial Oficinas Escolar Gobierno
Serv. Pub. Almacén Residencial # unidades: 4

Tipo de suelo: A Roca B Roca C Suelo D Suelo E Suelo F Suelo DNK
Dura Media Denso Rizado Suave 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 Peligro por objetos caídos de otros edificios

Irregularidades: Vertical (Tipo/Severidad) Discontinuo
 Planta (Tipo) Sistemas no paralelos

Peligros exteriores: Chimeneas sin refuerzo Revestimientos pesados
 Parapetos Anexos constructivos
 otros

COMENTARIOS:

BOSQUEJO Bosquejos adicionales o comentarios en hoja separada

PUNTAJACIÓN BÁSICA, MODIFICADORES Y PUNTAJACIÓN FINAL DEL PRIMER NIVEL SL1																		
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	DNK	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	SS (URM DNF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM TU)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
FEMA																		
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 Vertical 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	N/A
Irregularidad Vertical 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	N/A
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	N/A
Reglamento previo		-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
Reglamento actual		1.5	1.9	2.3	1.4	1.4	1.0	1.9	N/A	1.9	2.1	N/A	2.1	2.4	2.1	2.1	N/A	1.2
Suelo Tipo 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
Suelo Tipo 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
Suelo Tipo E (>3 pisos)		-0.5	-0.8	-1.2	-0.7	-0.9	N/A	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.4	N/A	-0.3	-0.7	-0.7	-0.3	N/A
Puntaje Mínimo, Smin		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

PUNTAJACIÓN FINAL, SL1 ≥ Smin = 1.7 - 0.6 - 0.7 + 1.9 = SL1 = 2.3

EXTENSION DE LA REVISIÓN

Exterior Parcial Todos Adorno

Interior Ninguno Visible Ingreso

Planos revisados: Si No **Planos**

Fuente del tipo de suelo Si No

Fuente de los peligros geológicos Si No

Persona contacto: Constructor

¿EVALUACIÓN DEL NIVEL 2 REALIZADA?

Si, Puntaje Final del segundo nivel, SL2 2.70 No

Peligros no estructurales Si No

OTROS PELIGROS

¿Hay otros peligros que requieren una evaluación estructural detallada?

Potencial golpeteo (a menos que SL2 > cut-off)

Peligro de objetos que puedan caer de edificaciones adyacentes

Peligros geológicos o suelo tipo F

Daño o deterioro significativo en el sistema estructural

ACCIÓN REQUERIDA

¿Se requiere una evaluación estructural detallada?

Si, Tipo de edificación FEMA desconocida u otro tipo de edificación

Si, puntaje menor que el cut-Off

Si, otros peligros presentes

No

¿Se recomienda una evaluación no estructural no detallada?

Si, peligros no estructurales que deberían ser evaluados

No, existen peligros no estructurales que requieren de mitigación, pero no es necesaria una evaluación de tallada

No, no se han encontrado peligros no estructurales DNK

Cualquier información que no pueda ser verificada, el evaluador deberá anotar lo siguiente: EST= Estimado o DNK= No se sabe

Convenciones: MRF= Portico resistente a momento RC= Concreto reforzado URM DNF= Mampostería no reforzada MH= Casa prefabricada FD= Diagrama flexible
 BR= Portico confinado SW= Muro de corta TU= Levantado LM= Metal ligero RD= Diagrama rígido

Figura 62. Evaluación del primer nivel realizado al edificio Sorian.

Fuente: Autores, 2019.

Los investigadores han completado el nivel 2 del formulario, la revisión de cada una de las 2, y la parte no estructural del formulario de Nivel 2.

La puntuación final del nivel 2, incluye modificadores más modestos y precisos se identificó una irregularidad vertical de discontinuidad considerada como moderada “Los elementos verticales del sistema lateral en pisos superiores están desalineados hacia adentro con aquellos en pisos inferiores”. Así mismo también se determinó una irregularidad en planta “Sistemas no paralelos: Existen uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.” Como se pueden ver en los bocetos en planta el sistema estructural está compuesto por sistemas no paralelos.

Se calculó el puntaje ajustado = $2,3 - (-0,6) - (-0,7) = 3.6$.

La puntuación para el nivel 2 más los modificadores fue de $3,6 - 0,5 - 0,5 = 2,7$. Lo que indica una probabilidad de falla de 0.2%

Esta probabilidad se calculó de la siguiente forma:

$$S = -\text{Log}_{10}(P)$$





$$2.7 = -\text{Log}_{10}(P)$$

$$P = 0.002$$

$$P = 0,2\%$$

Esta puntuación fue trasladada de nuevo al formulario del Nivel 1. No se observaron “Otros peligros.” No se observaron riesgos de objetos que caen de exteriores ya sea en el nivel 1 o nivel 2 de la proyección.

El Nivel 1 formulario de datos Colección completado para el edificio principal del aula se muestra en la figura 14 El Nivel 2 de datos Formulario de extracción completo se muestra en la figura 15

 Universidad de Paula Santander Ocaña - Colombia Vigilada Mineducación NIT. 800 163 130 - 0		 AL Acreditación de Alta Calidad EN EMPRESAS		 ISO 9001 ICONTEC SC-CER102673		 InNet INTERNET MANAGEMENT SYSTEMS	
Formulario de evaluación visual rápida de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones FEMA P-154 Formato para la recolección de datos							
Sismicidad Moderadamente Alta							
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: Edif. Soriana		Puntaje final del primer nivel $SL1 =$ 2.3 (No considerar Sign)					
Evaluadores R&F		Modificadores de irregularidad del Nivel 1 $VL1 = -0.6$		PL1 = -0.7			
Fecha		PUNTAJE AJUSTADO BASE $S = (SL1 - VL1 - PL1) = 3.6$					
MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA SER CONSIDERADOS EN EL PUNTAJE AJUSTADO BASE							
Tema	Enunciado (si es verdadero, anotar en un círculo el modificador "SI"; caso contrario tachar el modificador.)	Si	Subtotal				
Irregularidad vertical, VL2	Terrazo 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				
	Piso débil y/o piso suave	Edificación W1 con paredes cortas de entramado de madera: es viable una pared corta de madera no confinada en el espacio dejado. Edificación W1 con espacio ocupado sobre el garaje: Por debajo del piso ocupado, existe un garaje sin un portico resistente a momento y existe menos de 20 cm de pared en la misma línea (para pisos ocupados por encima del garaje, usar como mínimo 40,6 cm de pared) Edificación W1A con abertura frontal: Existen aberturas en la planta baja (como parqueaderos) $\geq 50\%$ de la longitud de la edificación	-0.6 -1.3 -1.3				
(Máximo un círculo)	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					
Discontinuo	Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están desplazados hacia fuera con aquellos en el piso inferior cuando 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. Existe una discontinuidad en el plano de los elementos laterales que es mayor que la longitud de estos elementos.	-0.5 -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= -0.5				
	Se observa otra irregularidad moderada en elevación que pueda afectar al desempeño sísmico de la edificación.	-0.5	(Tope -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					
	Retracesos en esquinas: 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= -0.4				
	Otra irregularidad: Se observa otra irregularidad en planta que obviamente afecta al desempeño sísmico de la estructura.	-0.8	(Tope -1.3)				

Redundancia	La edificación tiene al menos dos vanos con alientos 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	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	Arriostamiento con geometría K.				-1.0
Edificación C1	Placas planas sirven como vigas en el portico resistente a momento.				-0.5
Edificación	Existen conexiones entre muros y el techo que son viables o que se les ha podido apreciar an planos que no tienen tensión perpendicular a las fibras.				+ 0.3
PCI/RMI	(No se combina con modificadores de Post-Referencia o Reasdección)				+ 0.3
Edificación PC1	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.				+1.2
MH	Existencia de un sistema de arriostamiento sísmico adicional, implementado entre la estructura y el suelo				+1.4 M =
Reasdección	Reformamiento sísmico integral es viable o se conoce de planos de la edificación.				
PUNTAJE FINAL NIVEL 2, SL2 = (S' + VL2 + PL2 + M) > Suma:					3.6 - 0.5 - 0.4 = 2.7
Se observa algún daño o deterioro u otra condición que afecta negativamente al desempeño sísmico de la edificación: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No					(Transferir al primer nivel)
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 del esf.					
PELIGROS NO ESTRUCTURALES EVIDENTES:					
Ubicación	Aspecto (Resistir "Si" o "No")	Si	NO	Comentarios	
Exterior	Existe un antepecho de mampostería no reforzada o arriostada o una chimenea de mampostería no reforzada.		X		
	Existen revestimientos pesados		X		
	Existe una cubierta pesada sobre puertas de salida o pasillos peatonales que parecen estar soportados de manera inadecuada.		X		
	Existe un anexo de mampostería no reforzada sobre puertas de salida o pasillos peatonales.		X		
	Existe un letrero colocado en la edificación que indica que hay materiales peligrosos presentes		X		
	Existe una edificación adyacente más alta con una pared URM no anclada o un antepecho URM no confinados o chimeneas.		X		
	Otro peligro exterior observable no estructural que pueda caer.		X		
Interior	Existen tejas de arcilla o tabiques de ladrillo en gradas o corredores de salida.		X		
	Otro peligro interior observable no estructural que pueda caer.		X		
Desempeño Sísmico No Estructural Estimado (Revisar el recuadro apropiado y transferirlo a las conclusiones del formulario del Nivel 1)					
<input type="checkbox"/> Peligros potenciales no estructurales con una amenaza significativa a la seguridad de vida de los ocupantes → Evaluación No Estructural Detallada recomendada <input type="checkbox"/> Peligros no estructurales identificados con una amenaza significativa a la seguridad de vida de los ocupantes → Pero no requiere una Evaluación No Estructural Detallada <input type="checkbox"/> Peligros no estructurales menores o inexistentes que amenazan a la seguridad de vida de los ocupantes → No se requiere Evaluación No Estructural Detallada					
Comentarios:					

Figura 63. Evaluación del segundo nivel realizado al edificio Sorian

Adaptado de: FEMA P-154 (2015)

Apéndice I. Herramienta Aplicativa

[Ver archivo adjunto: Herramienta Aplicativa](#)

Apéndice J. Mapa de Vulnerabilidad sísmica

[Ver archivo adjunto: Mapa de Vulnerabilidad sísmica](#)