



Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil
Carrera de Ingeniería Civil

Estudio de vulnerabilidad sísmica, análisis lineal estático y modal espectral en base a las tipologías estructurales más comunes, zona de estudio localizada en el sector de la California-Bonanza en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)

Autor: Gabriela Alexandra Proaño Pazmiño

Tutor: Ing. Diego Jara Almeida MsC. MBA.

Quito, septiembre 2021.



DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, GABRIELA ALEXANDRA PROAÑO PAZMIÑO, con cédula de ciudadanía número 172230864-8, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



GABRIELA ALEXANDRA PROAÑO PAZMIÑO

C.C. 172230864-8

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, GABRIELA ALEXANDRA PROAÑO PAZMIÑO, con cédula de ciudadanía número 172230864-8, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

GABRIELA ALEXANDRA PROAÑO PAZMIÑO

C.C. 172230864-8

DECLARATORIA

El presente Trabajo de Titulación titulado:

“Estudio de vulnerabilidad sísmica, análisis lineal estático y modal espectral en base a las tipologías estructurales más comunes, zona de estudio localizada en el sector de la California-Bonanza en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)”

Realizado por:

GABRIELA ALEXANDRA PROAÑO PAZMIÑO

Como requisito para la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Ha sido dirigido por el profesor

ING. DIEGO XAVIER JARA ALMEIDA MBA. MsC.

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor.

Ing. Diego Xavier Jara Almeida MsC. MBA.

TUTOR

DECLARATORIA DE PROFESORES INFORMANTES

Los profesores informantes:

Ing. Luis Alberto Soria Núñez MsC.

Ing. Hugo Marcelo Otáñez Gómez MsC.

Después de revisar el trabajo presentado,

Lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal
examinador

Luis Alberto Soria Núñez

Hugo Marcelo Otáñez Gómez

DEDICATORIA

Para Cassandra y Lucía.

Todos mis logros son por y para ustedes.

Para mis padres.

Todo lo que soy es gracias a ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por nunca abandonarme y ser una luz guía.

A mis padres, Antonio y Lorena por todo su apoyo, confianza, ejemplo, oportunidades y sobre todo no permitir que me rindiera, este logro es tan mío como suyo.

A mi esposo Luis, mi compañero, mi bastón cuando ya no podía más y quien mejor me entiende; y a mis hijas Cassandra y Lucía, gracias por su paciencia, ayuda y respaldo, son lo mejor de mi vida.

A mis abuelos Rómulo y Esperanza, por su fe en mí y nunca dudar en que lo lograría.

A mis suegros Juan Carlos y Patricia, sin su apoyo y consejo todo hubiera sido infinitamente más complicado, gracias por toda su ayuda.

A mi hermano Adrián y mis cuñadas Anto y Estefy, que han sido mi equipo durante toda esta travesía, yo seré del suyo en cualquier proyecto que se propongan.

A mi familia de nacimiento y a la que llegó a mí por añadidura.

A mis amigas Karla y Jenny, es bueno contar siempre con ustedes, por muchos años más.

A mis compañeros de dos universidades, con quienes comencé el camino y aun puedo contar y con quienes lo estoy terminando pese a las dificultades, espero poder reencontrarnos en el mundo profesional, gracias por su amistad.

A mis profesores gracias por sus enseñanzas y en especial a los ingenieros Diego Jara, tutor de este proyecto, y Marcelo Otáñez, cotutor, por sus valiosos aportes, correcciones acertadas y por su guía en este camino.

A la ingeniera Yiselle Bonucci, cuya visión estamos cumpliendo.

Y finalmente a la Universidad Internacional SEK por acogernos en sus instalaciones y permitirnos continuar con nuestros estudios con buenos capacitados y en un buen ambiente.

RESUMEN

En la búsqueda de mejorar la respuesta de las obras civiles antes efectos de sismo y de este modo reducir la vulnerabilidad a la cual está expuesta la población, se ha visto necesario el poder evaluar las construcciones existentes; esta información es de utilidad para realizar reforzamiento, planes de mitigación y como guía para nuevas construcciones en la zona

El presente trabajo describe el proceso realizado para analizar la vulnerabilidad sísmica de un sector mediante el uso del formulario visual de evaluación rápida, creado tras el terremoto del 16 de abril del 2016 en Ecuador, para la recopilación de datos y un análisis lineal estático usando modelos matemáticos para una evaluación ingenieril.

Siendo el primer paso la descripción el uso y procesamiento de datos de los formularios, caracterizando la zona de estudio y la determinación de los parámetros a usar en la segunda parte de este trabajo; que consiste en la modelación de dos estructuras, procurando que sean cercanas a la realidad y sometiéndola a cargas sísmicas de acuerdo con lo señalado en la Norma Ecuatoriana de la Construcción de 2015, de este modo se podrá evaluar efectos que no cumplan con dicha norma o que pongan en riesgo integridad de la estructura y sus habitantes.

Finalmente se busca resaltar el buen funcionamiento de las edificaciones o proponer soluciones estructurales las cuales no solo buscan mejorar la respuesta sísmica en el modelo matemático, sino que también sirvan para guiar a nuevas obras sobre la respuesta en la zona de estudio y las recomendaciones dadas para un buen funcionamiento.

PALABRAS CLAVE

Vulnerabilidad sísmica, sismo, formulario de inspección, modelo matemático.

ABSTRACT

In search to improve the response of civil projects in face of earthquake effects and, in this way, reduce the vulnerability the population is exposed to, it has been necessary to be able to evaluate existing constructions. This information is useful to carry out reinforcement, mitigation plans, and as a guide for new construction in the area.

This thesis describes the process used to analyze the seismic vulnerability that affects the studied zone, using forms for rapid visual screening of buildings, created in Ecuador after the earthquake of April 16, 2016; for data collection and static linear analysis using mathematician models for an engineering assessment.

At first, will be the description of the use and the processing of the forms data, characterizing the study area and determining the parameters to be used in the second part of this work; which consists in the modeling of two structures, ensuring that they are close to reality and testing it to seismic loads following the instructions that are exposed in the Norma Ecuatoriana de la Construcción of 2015, so it will be possible to evaluate effects that do not follow this standard or that put the integrity of the structure and its population at risk.

Finally, the conclusion of the project is to stand out the correct response of the buildings or propose structural solutions which not only seek to improve the seismic response in the mathematician model but also help to guide new works about the response in the study area and the recommendations given for good performance before an earthquake.

KEY WORDS

Seismic vulnerability, earthquake, screening form, mathematician model.

ÍNDICE GENERAL

1	CAPÍTULO 1.....	1
1.1	INTRODUCCIÓN	1
1.2	JUSTIFICACIÓN	1
1.3	OBJETIVOS.....	3
1.3.1	OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.4	HIPÓTESIS.....	3
1.5	ANTECEDENTES.....	3
1.6	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.7	ESTADO DEL ARTE.....	4
1.8	DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	6
2	CAPÍTULO 2.....	8
2.1	ANÁLISIS SÍSMICO	8
2.1.1	RIESGO SÍSMICO.....	8
2.1.2	PELIGROSIDAD SÍSMICA	9
2.1.3	VULNERABILIDAD SÍSMICA	13
2.1.4	SISMICIDAD EN ECUADOR.....	14
2.2	ANÁLISIS LINEAL.....	18
2.3	ANÁLISIS MODAL ESPECTRAL	21
3	CAPÍTULO 3.....	24
3.1	METODOLOGÍA FEMA P-154	24
3.2	METODOLOGÍA NEC	25
3.2.1	DATOS.....	26
3.2.2	TIPOLOGÍA DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO.....	27
3.2.3	CARACTERÍSTICAS DE LA EDIFICACIÓN	27

3.2.4	PUNTAJE Y GRADO DE VULNERABILIDAD.....	28
3.3	ENSAYO CON ESCLERÓMETRO.....	30
3.3.1	MÉTODO 1: CURVAS DEL MARTILLO.....	31
3.3.2	MÉTODO 2: CONCRETE TEST HAMMER N-6500, D-7500, R-7500 OPERATING INSTRUCTIONS.....	31
4	CAPÍTULO 4.....	32
4.1	ELECCIÓN DEL FORMULARIO	32
4.2	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN	32
4.3	ENSAYO CON ESCLERÓMETRO.....	33
4.3.1	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:.....	34
4.3.2	ENSAYOS	34
4.4	ANÁLISIS DE FORMULARIOS	39
4.4.1	TIPO DE INSPECCIÓN	39
4.4.2	TIPO DE USO DEL SUELO.....	40
4.4.3	TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL	40
4.4.4	NÚMERO DE PISOS.....	41
4.5	IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL.....	42
4.5.1	CÓDIGO DE CONSTRUCCIÓN	43
4.5.2	GRADO DE VULNERABILIDAD	44
5	CAPÍTULO 7: MODELOS MATEMÁTICOS SAP2000	46
5.1	TIPOLOGÍA 1.....	46
5.1.1	MODELO MATEMÁTICO	46
5.1.2	ANÁLISIS LINEAL	51
5.1.3	ANÁLISIS MODAL ESPECTRAL.....	57
5.2	TIPOLOGÍA 2.....	62
5.2.1	Modelo matemático	62
5.2.2	ANÁLISIS LINEAL	67

5.2.3	ANÁLISIS MODAL ESPECTRAL.....	71
6	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	73
6.1	FORMULARIOS DE EVALUACIÓN RÁPIDA	73
6.2	TIPOLOGÍA 1.....	73
6.3	TIPOLOGÍA 2.....	74
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
7.1	CONCLUSIONES.....	75
7.2	RECOMENDACIONES	76
8	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	78
8.1	BIBLIOGRAFÍA	78
9	ANEXOS.....	82
9.1	ANEXO 1: FORMULARIO P-154 PARA DISTINTAS INTENSIDADES.....	82
9.1.1	MUY ALTA SISMICIDAD	83
9.1.2	ALTA SISMICIDAD	84
9.1.3	MODERADAMENTE ALTA SISMICIDAD	85
9.1.4	MODERADA SISMICIDAD	86
9.1.5	BAJA SISMICIDAD	87
9.2	ANEXO 2: FORMULARIO DE EVALUACIÓN NEC	88
9.3	ANEXO 3: TABLA RESUMEN DE RESULTADOS.....	89

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1.	Delimitación de la Zona de estudio (Google Maps).....	6
Figura 2.	Predios del área de estudio (Secretaría de Territorio)	7
Figura 3.	Método de triangulación (Rivadeneira y otros, 2007).....	11
Figura 4.	Mapa de intensidad sísmica del sismo de Pedernales (2016) (IGEPN, 2016).....	11

Figura 5. Zonas sísmicas del Ecuador (NEC-SE-DS, 2015).....	16
Figura 6. Zonificación básica de Quito (Valverde, Fernández, Jiménez, Vaca, & Alarcón, s.f.).....	16
Figura 7. Valores obtenidos para VS30 en el DMQ (Aguiar, 2017).....	17
Figura 8. Mapa de microzonificación sísmica DMQ (Alcaldía de Quito, 2015).	18
Figura 9. Gráfica de la aceleración espectral vs el período de la estructura (NEC, 2015).....	19
Figura 10. Metodología del análisis (Curiel, s.f.).....	23
Figura 11. Región sísmica en base a la aceleración espectral (Federal Emergency Management Agency, 2015).	25
Figura 12. Formulario de evaluación rápida de estructuras post-evento (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016).....	29
Figura 13. Pancartas de señalización para estructuras evaluadas (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016).....	29
Figura 14. Principio de funcionamiento del martillo (Lozano).....	30
Figura 15. Gráfica del fabricante del martillo (Manual del usuario Esclerómetro Per Calcestruzzo).	31
Figura 16. Valores de Fa (NEC, 2015)	32
Figura 17. Valores de Fd (NEC, 2015).	33
Figura 18. Valores de Fs (NEC, 2015).	33
Figura 19. Lugar del ensayo con esclerómetro (Proaño G., 2021).....	33
Figura 20. Ubicación de los elementos ensayados (Proaño G., 2021).	34
Figura 21. Resumen de resultados primer ensayo (Proaño G., 2021).	35
Figura 22. Resumen de resultados segundo ensayo (Proaño G., 2021).	35
Figura 23. Resumen de resultados tercer ensayo (Proaño G., 2021).	36
Figura 24. Resumen de resultados cuarto ensayo (Proaño G., 2021).	36
Figura 25. Resumen de resultados quinto ensayo (Proaño G., 2021).	37
Figura 26. Resumen de resultados sexto ensayo (Proaño G., 2021).....	37
Figura 27. Resumen de resultados séptimo ensayo (Proaño G., 2021).....	38
Figura 28. Lámina Tipo de inspección (Proaño G., 2021).....	40
Figura 29. Lámina de uso de suelo (Proaño G., 2021).	40
Figura 30. Lámina de tipologías estructurales (Proaño G., 2021).....	41
Figura 31. Lámina altura/número de pisos (Proaño G., 2021).	42
Figura 32. Lámina de irregularidad estructural (Proaño G., 2021).	43

Figura 33. Lámina código de construcción (Proaño G., 2021).	44
Figura 34. Lámina grado de vulnerabilidad (Proaño G., 2021).	45
Figura 35. Carga viva aplicada (Proaño G.,2021).	47
Figura 36. Carga muerta aplicada (Proaño G.,2021)	47
Figura 37. Carga sísmica aplicada (Proaño G.,2021).	48
Figura 38. Creación del espectro sísmico (Proaño G.,2021).	48
Figura 39. Aplicación de cargas (Proaño G.,2021).	49
Figura 40. Aplicación de cargas (Proaño G.,2021).	49
Figura 41. Aplicación de cargas (Proaño G.,2021).	49
Figura 42. Ubicación de elementos verticales en la primera planta (Proaño G.,2021).	50
Figura 43. Geometría del modelo (Proaño G.,2021).	50
Figura 44. Peso de la estructura (Proaño G.,2021)).	51
Figura 45. Tabla de resultados modales (Proaño G.,2021)	51
Figura 46. Primer modo de vibración, eje A (Proaño G.,2021).	51
Figura 47. Segundo modo de vibración, eje A (Proaño G., 2021).	52
Figura 48. Tercer modo de vibración, eje A (Proaño G., 2021).	52
Figura 49. Creación de diafragmas (Proaño G., 2021).	52
Figura 50. Desplazamiento del centro de masa de los diafragmas con SX (Proaño G., 2021).	52
Figura 51. Desplazamiento del centro de masa en los diafragmas con SY (Proaño G., 2021).	53
Figura 52. Cálculo del cortante basal (Proaño G.,2021).	53
Figura 53. Reacciones en la base (Proaño G.,2021).	54
Figura 54. Distribución lateral de las fuerzas sísmicas verticales (NEC, 2015).	54
Figura 55. Cálculo de las fuerzas laterales (Proaño G.,2021).	54
Figura 56. Determinación de k (NEC, 2015).	54
Figura 57. Análisis estático lineal (Proaño G.,2021).	55
Figura 58. Derivas obtenidas método lineal (Proaño G.,2021).	56
Figura 59. Derivas de piso SX y SY, primera tipología (Proaño G., 2021).	57
Figura 60. Combinaciones de carga dinámicas (Proaño G.,2021).	57
Figura 61. Carga modal (Proaño G.,2021).	58
Figura 62. Cortante dinámico, primera tipología (Proaño G., 2021).	58
Figura 63. Corrección del cortante dinámico (Proaño G., 2021).	59

Figura 64. Modos de vibración análisis modal espectral (Proaño G.,2021).	59
Figura 65. Primer modo de vibración, eje A (Proaño G., 2021).	59
Figura 66. Segundo modo de vibración, eje A (Proaño G., 2021).....	59
Figura 67. Tercer modo de vibración, eje A (Proaño G., 2021).....	60
Figura 68. Derivas obtenidas, método modal-espectral (Proaño G.,2021).....	60
Figura 69. Derivas de piso RX y RY, primera tipología (Proaño G., 2021).....	61
Figura 70. Desplazamiento del centro de masa de los diafragmas con RX (Proaño G., 2021).....	61
Figura 71. Desplazamiento del centro de masa de los diafragmas con RY (Proaño G., 2021).....	62
Figura 72. Tipología 2 (Proaño G.,2021).	62
Figura 73. Acero A36 (fuente propia).	63
Figura 74. Cálculo de cargas de viento (fuente propia).	64
Figura 75. Carga sísmica aplicada (fuente propia).	64
Figura 76. Aplicación de cargas muerta, viva y granizo (fuente propia).	65
Figura 77. Aplicación carga de viento a barlovento (fuente propia).	65
Figura 78. Aplicación carga de viento a sotavento (fuente propia).	65
Figura 79. Cargas de viento aplicadas (fuente propia).	66
Figura 80. Modelo tipología 2 (fuente propia).	67
Figura 81. Peso de la estructura (Proaño G., 2021).	67
Figura 82. Tabla de resultados modales (Proaño G., 2021).	68
Figura 83. Primer modo de vibración (Proaño G., 2021).	68
Figura 84. Segundo modo de vibración (Proaño G., 2021).....	68
Figura 85. Tercer modo de vibración (Proaño G., 2021).....	69
Figura 86. Cortante basal calculado (Proaño G., 2021).....	69
Figura 87. Reacciones en la base, tipología 2 (Proaño G., 2021).....	69
Figura 88. Análisis estático, tipología 2 (Proaño G., 2021).	70
Figura 89. Derivas de piso, tipología 2, método lineal (Proaño G., 2021).	70
Figura 90. Modos de vibración de la tipología 2 en el análisis modal espectral (Proaño G., 2021).	71
Figura 91. Modos de vibración tipología 2 (Proaño G., 2021).....	71
Figura 92. Reacciones en la base, análisis modal espectral, tipología 2 (Proaño G., 2021).....	71
Figura 93. Derivas de piso, tipología 2, método modal espectral (fuente propia).....	72

Figura 95. FEMA P-154, muy alta sismicidad, nivel 1 (Federal Emergency Management Agency, 2015).	83
Figura 96. FEMA P-154, muy alta sismicidad, nivel 2 (Federal Emergency Management Agency, 2015).	83
Figura 97. FEMA P-154, alta sismicidad, nivel 1 (Federal Emergency Management Agency, 2015).	84
Figura 98. FEMA P-154, alta sismicidad, nivel 2 (Federal Emergency Management Agency, 2015).	84
Figura 99. FEMA P-154, moderadamente alta sismicidad, nivel 1 (Federal Emergency Management Agency, 2015).	85
Figura 100. FEMA P-154, moderadamente alta sismicidad, nivel 2 (Federal Emergency Management Agency, 2015).	85
Figura 101. FEMA P-154, moderada sismicidad, nivel 1 (Federal Emergency Management Agency, 2015).	86
Figura 102. FEMA P-154, moderada sismicidad, nivel 2 (Federal Emergency Management Agency, 2015).	86
Figura 103. FEMA P-154, baja sismicidad, nivel 1 (Federal Emergency Management Agency, 2015).	87
Figura 104. FEMA P-154, baja sismicidad, nivel 2 (Federal Emergency Management Agency, 2015).	87
Figura 105. Formulario de evaluación NEC (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016)	88
Tabla 1. Comparación de las diferentes escalas. En base a (Mena, 2002).	12
Tabla 2. Tipologías constructivas (Guía 5 NEC).	27
Tabla 3. Resumen de resultados esclerometría (Proaño G., 2021).	38
Tabla 4. Tipología 1 (Proaño G., 2021).	46
Tabla 5. Resumen de resultados formulario de evaluación NEC (Proaño G., 2021).	89

1 CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN

En la búsqueda del ser humano por refugio, se han ido desarrollando tecnologías constructivas que pueden brindar protección y comodidad a los ocupantes; a pesar de ello hay eventos naturales que están fuera de toda predicción o control, por este motivo se ha vuelto forzoso el adaptar a las estructuras ante dichos sucesos.

La actividad sísmica es una realidad de la región a la cual nos hemos acostumbrado, pero tras cada sismo es usual encontrar daños que van desde grietas al colapso total, es por esto por lo que se ha desarrollado diversas formas de evaluación siendo una de las más populares los formularios de inspección.

El presente trabajo trata sobre la evaluación de una zona mediante el formulario de inspección visual descrito en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y el procesamiento de los datos obtenidos, para finalizar en el análisis de dos de las estructuras fichadas y la evaluación de su respuesta sísmica.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Dada la ubicación del Ecuador en la subducción de las placas de Nazca y Sudamericana y el encontrar varias fallas geológicas recorriendo el territorio (Rivadeneira, y otros, 2007) se han producido terremotos que han ocasionado gran destrucción: “Ambato (1949), Esmeraldas (1979), Reventador (1987), Macas (1995), Bahía (1998)” (Rivadeneira, y otros, 2007) y el más reciente Pedernales (2016); dejando graves secuelas humanitarias y económicas en las zona. La sismicidad presentada en estos eventos es solo uno de los factores que intervienen en el cálculo del riesgo sísmico de un sector y los datos obtenidos se consideran de gran utilidad para crear protocolos de riesgo, mitigación de efectos y primordial para nuestro interés, códigos de construcción.

La vulnerabilidad sísmica se ve representada por las características de la estructura (Mena, 2002), materiales de construcción adecuados, procesos de diseño, calculo y ejecución y un correcto control de parte de las entidades correspondientes; siendo este campo controlable y en donde se pudiera reducir el riesgo sísmico,

lamentablemente, presenta muchas falencias obteniendo un producto final vulnerable ante efectos producidos por movimiento del suelo.

A la espera de actividad sísmica de mediana o gran magnitud los análisis de vulnerabilidad realizados en la ciudad son necesarios y tras estos la creación de propuestas de reforzamiento, para de este modo contar con estructuras resilientes, minimizando el impacto en el campo humano y económico tras actividad telúrica; se espera que con la actualización de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, tras el terremoto de Pedernales (2016) y la actualización de la normativa de la ACI-19, se cuente con procesos más estrictos en el campo del diseño y una mejor fiscalización en procesos de construcción; tanto de entidades colaborantes, colegios profesionales y autoridades municipales.

Por el momento, el interés se enfoca en el estado actual de la ciudad requiriendo el estudio de: estructuras patrimoniales, barrios tradicionales, zonas comerciales y zonas de vivienda, construidas bajo normas anteriores y, por lo cual, cuyo comportamiento ante actividad sísmica se pone en duda.

Es por este motivo que se ha decidido evaluar pequeños sectores de la ciudad de Quito, en la espera de ir recopilando información que pueda ser de utilidad a futuros estudios. En el Distrito Metropolitano encontramos zonas con alta densidad poblacional que quieren empezar a levantarse, dado que cada vez se ve más complicado un crecimiento de la ciudad en sentido horizontal (Aguilar, 2017); con el traslado del aeropuerto se ha podido observar un aumento de pisos en edificios de áreas circundantes, antes limitado para no interrumpir con la circulación aérea. Pero queda la preocupación de qué pasa con las estructuras construidas hace algunas décadas las cuales quedaron en evidencia después del sismo de Pedernales en 2016.

Por este motivo se ha visto necesario el realizar evaluaciones en diferentes ciudades del país. Este proyecto se enfoca en la zona de la California-Bonanza, ciudad de Quito, se analizará dos manzanas de carácter domiciliario y comercial ubicadas sobre la Av. Galo Plaza Lasso; el análisis de los resultados obtenidos ante comportamiento sísmico de las tipologías seleccionadas, servirán para poder proponer medidas constructivas que puedan ser de utilidad tanto a dueños como a posibles proyectos a realizarse en la zona.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Analizar el comportamiento de las dos tipologías estructurales más representativas del barrio California-Bonanza, mediante un modelo matemático y en base a el mapa de microzonificación sísmica de la ciudad de Quito, para comprobar su respuesta, mediante análisis lineal y modal espectral.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener las tipologías estructurales más representativas, realizando una visita a la zona y encuestas a los propietarios para poder obtener dos tipologías representativas del área de estudio.
- Elaborar modelos matemáticos de las tipologías obtenidas, utilizando el programa SAP2000 para poder evaluar la respuesta sísmica de las edificaciones.
- Comparar los resultados obtenidos en los análisis con la normativa regente en la actualidad, determinando si la estructura se considera segura o brindar recomendaciones sobre la misma.

1.4 HIPÓTESIS

Las estructuras encontradas en la zona de estudio pueden soportar un evento sísmico presentando fallas estructurales menores, pudiendo mejorar su comportamiento con un reforzamiento estructural.

1.5 ANTECEDENTES

Al considerar las condiciones geológicas del Ecuador todo estudio que permita evidenciar falencias y realizar mejoras al sector de la construcción representa un avance a la realidad del país en ese ámbito y a pesar de saber que esto supone un riesgo, nuestras leyes son vagas y no existe una vigilancia muy acertada a su cumplimiento (Cando, Jaramillo, Bucheli, & Xavier, 2018); en contraposición a países

como Chile, en el cual se evidencia una preocupación y una mejora en este ámbito después de cada evento sísmico que presenta.

Considerando que los movimientos telúricos son impredecibles tanto en magnitud como en tiempo de aparición, el hecho de querer controlar el peligro sísmico se convierte en una tarea imposible; siendo el punto de trabajo el reducir la vulnerabilidad sísmica con estructuras resistentes, que cumplan con la normativa vigente y sean erigidas con adecuadas metodologías.

En la actualidad, con una perspectiva a incrementar el número de pisos después de la salida del aeropuerto Mariscal Sucre, se intentan mejorar procesos para poder asegurar estructuras resilientes, sin descuidar las que ya están de pie y es a estas a las cuales va dirigido el estudio.

La zona de estudio es un barrio domiciliario y comercial, donde anteriormente se encontraba terrenos pertenecientes a una orden religiosa (1970), donde existen viviendas desde un piso, hasta galpones pequeños de almacenamiento ubicado en una avenida con gran afluencia.

1.6 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El proyecto por realizarse se caracteriza como un caso de estudio, en donde se analizará el área delimitada, junto con su población (cincuenta y una propiedades); para la recolección de datos se utilizará un formulario de inspección visual, en donde también se tomará en cuenta número de pisos e irregularidades de configuración para el posterior análisis de información. Se complementará con una revisión bibliográfica para detallar el marco teórico, reforzar conceptos y delimitar variables para contextualizar el trabajo y dar al lector las bases para su comprensión.

1.7 ESTADO DEL ARTE

La realización de estudios de vulnerabilidad sísmica es un trabajo de suma importancia para región, que busca el poder analizar toda la ciudad y siendo este un trabajo extenso se ha visto en la necesidad de poder realizar pequeños análisis sectorizados que en conjunto buscan abarcar toda un área de estudio, para esto existen diferentes metodologías ya sea de recolección de datos o de análisis post trabajo de campo.

En la investigación realizada por Cando *et al.* (2018) se determinó que del área de estudio (La Armenia) comprendiendo ochenta edificaciones evaluadas un “93% requería de una evaluación estructural detallada” (Cando, Jaramillo, Bucheli, & Xavier, 2018) por la calificación obtenida con el formulario de evaluación FEMA P-154, si se supone que esta es la realidad de la ciudad de Quito, en el área de estudio ubicada en el sector California-Bonanza que cuenta con 51 estructuras, 48 se verían en la necesidad de un estudio más a profundidad.

Para Valverde *et al.* (s.f) el poder evaluar el riesgo sísmico en Quito se ve como una tarea complicada por diversos factores como “un código de construcción adaptado y no estrictamente aplicado, falta de políticas estandarizadas para prácticas de construcción sismo-resistente, un control poco eficiente de las construcciones y poca participación de profesionales...” (Valverde, Fernández, Jiménez, Vaca, & Alarcón, s.f.); por este motivo y partiendo de la formula presentada por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO) en la publicación “Terremotos: evaluación y mitigación de su peligrosidad” (1980) propone la fórmula para el cálculo del riesgo sísmico donde se relaciona con el producto de la peligrosidad y vulnerabilidad sísmica; siendo la peligrosidad sísmica una propiedad del evento y las características del suelo, se buscará controlar o reducir la vulnerabilidad de las estructuras que se eleven en el área.

Presentado por Dowrick (Earthquake Risk Reduction, 2003) y como base del mapa de microzonificación sísmica de Aguiar (2017) sabemos que cada perfil de suelo presenta un diferente grado de resistencia y un onda de corte característico, esto dependiendo a la conformación de suelo y la profundidad a la cual se encuentre, estos valores son dados por los diferentes estudios de suelo que el ingeniero vea conveniente aplicar al área de trabajo; la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015) “considera 6 tipos de suelo, desde la A, que corresponde a una roca competente, hasta la F que es un suelo muy malo” (Aguiar, 2017) , eso sumado a las fallas ciegas para Quito que detalla Aguiar (2017).

Para la realización del análisis lineal se debe considerar que cuando se trata de linealidad se habla del comportamiento elástico de la estructura (Chopra, 2014), ante una fuerza horizontal o cortante basal; para esto se considera que el sistema de un grado de libertad no se encuentra amortiguado o que esta propiedad es muy baja, la

masa se la obtendrá del modelo matemático y la rigidez será dada por las columnas de cada piso; siguiendo la ecuación de equilibrio del sistema:

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = -m\ddot{x}_0$$

Ecuación 1. Ecuación de equilibrio, péndulo con un grado de libertad (Chopra, 2014)

de esta forma se obtiene un espectro de respuesta con el cual evaluaremos a la estructura en función a sus desplazamientos de acuerdo con el periodo obtenido en su vibración fundamental (García Reyes, 1998); este dato también nos ayudara a realizar el procedimiento detallado en la norma NEC-SE-DS de peligro sísmico para finalizar comprobando las derivas de piso y que estas no excedan de las reglamentarias.

1.8 DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Se ha delimitado el área de estudio a dos manzanas en al barrio California Bonanza comprendidos entre las calles Av. Galo Plaza Lasso y Emilio Estrada, Pedro Barrios, Oruña y de los Pinos.

La primera manzana (más pequeña en cuanto a área) cuenta con 13 predios, dos de los cuales poseen doble numeración y serán analizados por sus fachadas, siendo un total de 15. En la manzana de área mayor se encuentran 36 propiedades donde se puede ver variedad entre comercios, industrias y domicilios, dando un total de 51 propiedades que comprenderán la zona de estudio.

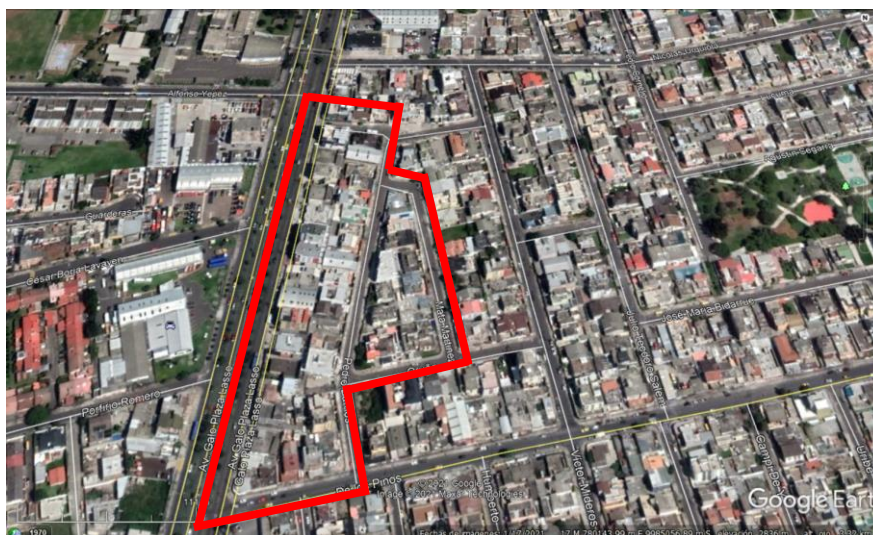


Figura 1. Delimitación de la Zona de estudio (Google Maps).



Figura 2. Predios del área de estudio (Secretaría de Territorio)

2 CAPÍTULO 2

2.1 ANÁLISIS SÍSMICO

Con el paso del tiempo y mientras las ciudades van creciendo en área, pobladores y desarrollándose financieramente, se ven en la necesidad de salvaguardar a sus ciudadanos y la inversión realizada tanto en estructuras públicas como en privadas; es por este motivo que la realización de análisis sísmicos se ha vuelto necesaria, ya que estos brindan información de cómo se encuentran las edificaciones de la ciudad y de esta forma pudiendo estimar el riesgo sísmico que caracteriza esa zona y poder controlar la vulnerabilidad de las estructuras (Salvador, 2002).

2.1.1 RIESGO SÍSMICO

El riesgo sísmico hace referencia a las “consecuencias sociales y económicas provocadas por un terremoto” (Mena, 2002); cuando se habla de riesgo sísmico dos factores entran a juego: científico y económico, siendo la parte ingenieril responsabilidad de diseñadores, calculistas y constructores; “de acuerdo con la Real Academia Española la palabra riesgo significa «contingencia o proximidad de algún daño»” (Mena, 2002).

Esta cualidad es dependiente de características como la densidad poblacional, la preparación ante eventos sísmicos, el nivel de desarrollo en el campo económico, siendo sismos y terremotos variables en el tiempo y el espacio e impredecibles en su ocurrencia; dando como resultado la fórmula propuesta por la UNESCO (1980), donde:

$$\text{riesgo} = \text{peligro} * \text{vulnerabilidad} * \text{costo}$$

Ecuación 2. Ecuación del riesgo (UNESCO, 1980).

Siendo estas tres variables diferentes de acuerdo con el campo de estudio en el que se está trabajando; en la ingeniería la peligrosidad sísmica se refiere como “la probabilidad de que las consecuencias sociales o económicas producidas por un

terremoto iguale o exceda los valores para un sitio, algunos sitios, o en un área durante un tiempo de exposición específico” (Dowrick, 2003)¹. Mientras que la vulnerabilidad hace referencia a la calidad de las estructuras, donde se las puede clasificar desde nada vulnerables y por lo tanto seguras a muy vulnerables aumentando la probabilidad de que llegasen a colapsar ante un movimiento telúrico y finalmente la parte económica, aunque no se va a evaluar en el presente trabajo, tiene relación con dos aspectos: el de preparación ante el evento y el posterior a este, para salvaguardar a la población y el costo en daños.

“Todos los centros urbanos están expuestos a un riesgo sísmico potencial cuyo conocimiento es determinante para definir estrategias de atención adecuadas” (Salvador, 2002), resaltando la importancia de esta característica para el diseño de estructuras y planes de mitigación para las ciudades o poblados; sin olvidar que mientras la peligrosidad sísmica es una propiedad ajena a nuestro control, la vulnerabilidad queda a cargo y bajo la responsabilidad de todos los involucrados en diseño y construcción.

2.1.2 PELIGROSIDAD SÍSMICA

Está definida como la probabilidad de que “ocurra un fenómeno físico como consecuencia de un terremoto, provocando efectos adversos a la actividad humana” (Mena, 2002) o los efectos colaterales en la estructura o el terreno en relación con sus características y las del evento sísmico (duración, magnitud, profundidad, frecuencia, etc.) el estudio de esta probabilidad de ocurrencia desemboca en la creación de mapas de caracterización sísmica, probabilidad de ocurrencia y periodo de retorno, toda esta información no se considera infalible, ya que siempre existe la probabilidad de que ocurra un evento sísmico que sobrepase las expectativas y esta información debe estar en constante actualización.

¹ “The probability that social or economic consequences of earthquakes will equal or exceed specified values at a site, at several sites, or in an area, during a specified exposure time”.

Los estudios de peligrosidad sísmica han tomado relevancia debido a que conocer “los valores de alguno de los parámetros que representan la intensidad del movimiento del suelo en distintos lugares de una región” (Muñoz, 1989) han sido de ayuda para poder mejorar el comportamiento sismorresistente de las estructuras actuales; por lo tanto, parámetros como: tamaño, localización, magnitud, aceleración, velocidad, etc. son considerados relevantes al momento de caracterizar un sismo, este compendio se lo denomina historia sísmica o sismicidad (Mena, 2002).

2.1.2.1 CARACTERIZACIÓN DE UN SISMO

- **Hipocentro**

Llamado también foco o epifoco, es el punto asignado como de origen del evento sísmico y donde se inicia la liberación de la energía (Caballero, 2007), este punto requiere analizar los datos obtenidos por sismogramas para hallar su ubicación.

- **Epicentro**

“Punto o zona superficial donde emerge el movimiento vibratorio, y por lo tanto donde mayor intensidad adquiere el fenómeno [...] es la proyección del foco en la superficie terrestre” (Caballero, 2007). Para determinar ese punto se realiza una triangulación, siempre y cuando la profundidad no supere los 30km; en la cual se utilizan los registros de llegada de ondas principales (P) y secundarias (S) de tres estaciones sísmicas, como se muestra en la figura, para transformar el tiempo en distancia con un factor calculado específicamente para cada país, “tomando como centro cada estación, se dibuja un círculo igual a la distancia encontrada previamente. El punto de intersección de los círculos serpa la ubicación del sismo” (Rivadeneira, y otros, 2007).

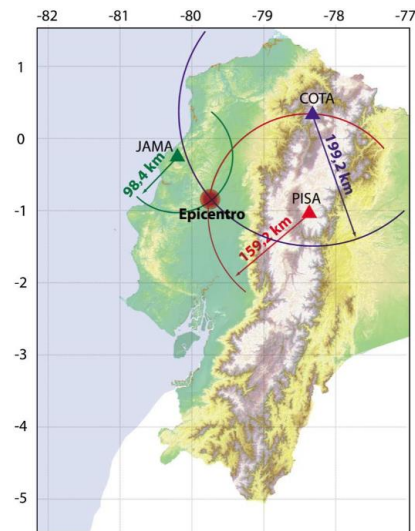


Figura 3. Método de triangulación (Rivadeneira y otros, 2007).

- Isosistas

Se definen como las líneas imaginarias que delimitan áreas concéntricas con la misma intensidad sísmica (Paz, 2012).

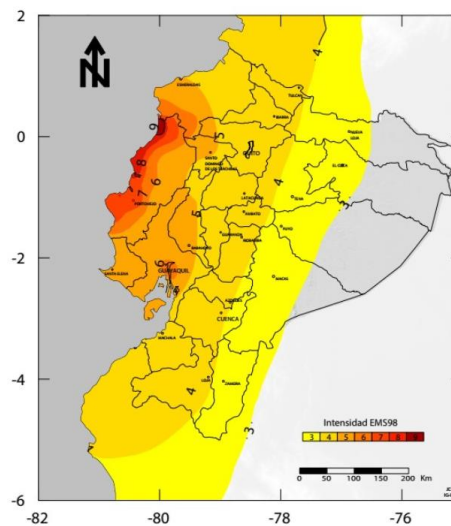


Figura 4. Mapa de intensidad sísmica del sismo de Pedernales (2016) (IGEPN, 2016).

2.1.2.2 INTENSIDAD SÍSMICA

Dan su inicio en el siglo XVIII, este parámetro no instrumental, ha ido puliéndose con el tiempo, para la primera mitad del siglo XX se usaban métodos visuales para obtenerla, es decir que se observaba los efectos posteriores al evento para calificarlo según el grado de destrucción (Astroza, Ruiz, Astroza, & Molina, 2012), en la actualidad se usa, mayormente, la escala Mercalli Modificada de la cual nació la escala de Richter en 1956 (Mena, 2002), posteriormente nace la escala MSK,

modificada desde la Escala Macro sísmica Europea (EMS); sin olvidar la escala Japonesa de la Agencia Meteorológica (JMA) que a diferencia de las otras cuenta con solo siete grados, a diferencia de los doce grados de las antes mencionadas.

DAÑO %	Mercalli - Modificada	JMA	MSK	EMS-98
	I	I	I	I
	II		II	II
	III		III	III
	IV	II	IV	IV
	V	III	V	V
0	VI	IV	VI	VI
10	VII	V	VII	VII
20	VIII		VIII	VIII
30	IX	VI	IX	IX
40	X		X	X
50	XI	VII	XI	XI
70	XII		XII	XII
90				

Tabla 1. Comparación de las diferentes escalas. En base a (Mena, 2002).

2.1.2.3 MAGNITUD Y MOMENTO SÍSMICO

Propuesto por Richter en 1935 se define como “la amplitud máxima de la onda sísmica registrada en un sismógrafo Wood-Anderson a 100 kilómetros de la distancia del epicentro” (Muñoz, 1989), o la energía sísmica liberada en escala logarítmica; como esta variable depende también de la profundidad no se considera exacta, expresándose como:

$$M_L = \log_{10} A - \log_{10} A_0$$

Ecuación 3. Escala logarítmica de la magnitud según Richter.

Donde:

- M_L o magnitud local, es la diferencia entre la amplitud y la amplitud estándar representados en escala logarítmica.
- A Amplitud máxima registrada en el evento sísmico.
- A_0 Amplitud de un terremoto que se designa como estándar.

En 1967 Aki propuso el parámetro de momento sísmico el cual es “el producto del coeficiente de rigidez del medio donde se produce el terremoto, el área de la dislocación, y el desplazamiento medio de la misma” (Muñoz, 1989), esta variable se vale de los datos representados en el sismograma, por eso se considera más exacta ya que se relaciona con los “parámetros fundamentales del proceso de falla” (Mena, 2002).

2.1.3 VULNERABILIDAD SÍSMICA

Esta propiedad se considera específica de la estructura, ya que la respuesta de cada una es independiente y con una relación de causa y efecto al movimiento sísmico; siendo un comportamiento ligado a la capacidad sismorresistente de la estructura (Salvador, 2002).

Para poder hablar de un análisis de vulnerabilidad sísmica se debe tener en cuenta varios factores que actúan sobre la estructura, tanto de diseño y configuración, como componentes característicos de la zona de construcción. En Ecuador “las especificaciones de diseño sismo-resistente se establecieron en la norma INEN-77” (Iturburo & Castro, 2021); en la actualidad contamos con la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) publicada en 2015, la cual brinda directrices de diseño y estándares de seguridad y calidad para estructuras; esta definición “lleva implícitos términos genéricos como son la afectación y el daño” (Salvador, 2002) siendo la afectación el perjuicio funcional y el daño el deterioro físico.

En la actualidad, contamos con programas que nos permiten realizar análisis de elementos finitos en la etapa del cálculo estructural, los cuales nos ayudan a realizar una predicción del comportamiento de esta ante un sismo de diseño, calculado en base a las características del suelo o a su vez con los mapas de aceleración sísmica creados para cada país.

Dentro de las variadas metodologías que existen para evaluar la vulnerabilidad sísmica de estructuras se pueden escuchar sobre técnicas directas, indirectas, estadísticas, convencionales, híbridas, cualitativas, cuantitativas, etc.

Para el presente trabajo se optó por un método de inspección y puntaje, el cual “permite identificar y caracterizar las deficiencias sísmicas potenciales de una edificación, atribuyendo valores numéricos a cada componente significativo de la

misma, que ponderando en función de su importancia relativa conduce a la determinación de un índice de vulnerabilidad sísmica” (Salvador, 2002); estos métodos están ligados al juicio del evaluador y por lo tanto también a su experticia.

2.1.4 SISMICIDAD EN ECUADOR

Ecuador se encuentra en la zona del Cinturón de Fuego del Pacífico, zona de subducción entre dos placas tectónicas, las cuales producen fallas geológicas que recorren el territorio y aunque algunas ya no se las considera una amenaza o activas, existen otras que presentan movimientos geológicos y generan sismos, entre esos encontramos a “el principal sistema de fallas activo del Ecuador es el Pallatanga-Chingual, que comienza en el Golfo de Guayaquil, pasa por la Isla Puná” (Rivadeneira, y otros, 2007), siguiendo por La Troncal, cordillera de Bucay, Pallatanga, el valle de Riobamba, sube por el Callejón Interandino hasta llegar a la falla de Chingual al norte del volcán Cayambe; el movimiento producido por esta falla “ha dado origen a una mega falla (...) que continúa por Colombia por la falla Romeral y finalmente llega a Venezuela en la falla Boconó” (Aguilar, 2017), considerándose una falla activa y donde se originó el terremoto de Pedernales (2016).

“Desde 1541 hasta 2014 se tiene registro de más de 97 sismos destructivos en Ecuador [...] destacando el sismo ocurrido en la provincia de Esmeraldas en el año 1906” (Iturburo & Castro, 2021); y además de sismos originados por actividad tectónica en el país se identifican sismos provocados por actividad volcánica, gracias a la presión provocada por el magma al abrirse paso entre las rocas o en su expulsión; es gracias a los registros que se “puede deducir que en promedio cada 12 años nuestro país ha tenido que soportar un terremoto destructor” (Rivadeneira, y otros, 2007), es por este motivo se resalta la importancia de la mitigación del riesgo en base a la preparación previa al evento sísmico.

2.1.4.1 MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE QUITO

Dentro del histórico de datos sísmicos para la ciudad de Quito, se puede observar que en promedio cada 50 años se producen “daños causados por terremotos que ocurrieron tanto en la vecindad inmediata como otros más lejanos” (Valverde, Fernández, Jiménez, Vaca, & Alarcón, s.f.); es por eso que desde 1994 se han

realizado trabajos para poder crear un mapa de microzonificación sísmica en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ).

La ciudad se encuentra ubicada sobre un segmento de fallas ciegas activas, las cuales presentan una tasa de movimiento de entre 2 y 4 milímetros al año, lo que ha provocado que el sismo de mayor magnitud del que se tiene conocimientos sea de 6.4 (1587) (Aguilar, 2017).

Los estudios sobre la microzonificación sísmica de Quito están íntimamente relacionados con los tipos de suelo encontrados, de este modo se puede saber las propiedades dinámicas del suelo y si este produce efectos de amplificación o disipación de las ondas sísmicas, para así proceder con el diseño de una estructura apta para las características de este.

Desde 1979 se vienen realizando estudios de carga admisible a cargo de Acosta y Armendáriz (1979) donde se identificó 26 zonas de acuerdo a la capacidad de carga del suelo, siendo en 1978 donde Lecaro, León y Moyano completan esta información con “criterios de geología, planes urbanísticos de la ciudad, regulación de densidades, parámetros dinámicos del suelo, existencia de quebradas y drenajes naturales” (Valverde, Fernández, Jiménez, Vaca, & Alarcón, s.f.) valiéndose de 619 estudios de suelo para determinar 23 zonas. Siendo estos trabajos precursores en el campo y siendo actualizados hasta la fecha. Según la NEC-SE-DS (2015) en el Ecuador se encuentran seis tipos de suelo, siendo el tipo A definido como perfil de roca competente; mientras, que al tipo F se lo considera como un suelo de malas características.

A partir de los estudios realizados en 2011 sobre peligrosidad en el país, se logró para la presente edición de la NEC definir un mapa de zonificación sísmica, caracterizando seis zonas con diferentes valores de aceleración máxima en roca y peligrosidad sísmica intermedia para zona I, hasta muy alta para zona VI (NEC, 2015).

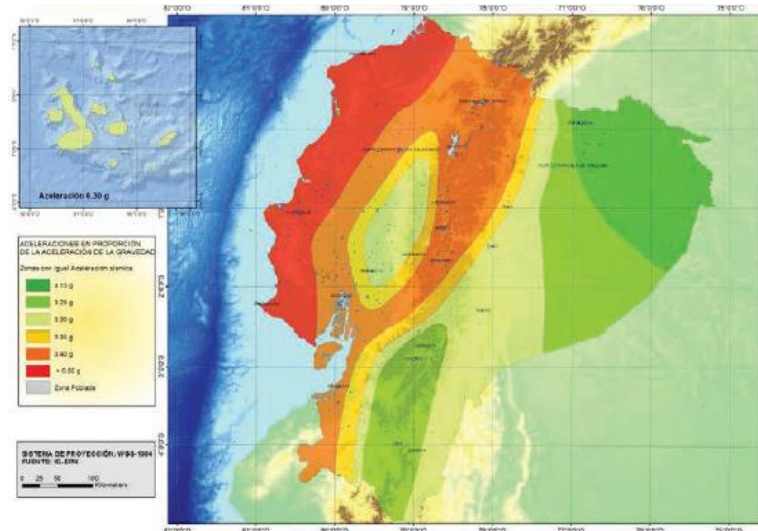


Figura 5. Zonas sísmicas del Ecuador (NEC-SE-DS, 2015).

En el caso de Quito se han identificado suelos tipo C y D en “tres depósitos de suelos y son: i) Los flancos orientales del Pichincha (F); depósitos lacustres en la depresión central de la ciudad (L) y ceniza volcánica con formaciones de cangahua (Q) al lado este de Quito” (Aguiar, 2017).



Figura 6. Zonificación básica de Quito (Valverde, Fernández, Jiménez, Vaca, & Alarcón, s.f.).

Durante 2010 y 2011, Yami, Cardona, Ordaz, Barbat y Aguiar pasan a formar parte de la evaluación de Riesgos Naturales (ERN) de Colombia, cuyo objetivo era realizar la microzonificación sísmica de Quito, basados en los trabajos previos, donde se definieron puntos donde se vio necesario completar información; obteniendo la velocidad de onda de corte en estos puntos y dando como resultado que la velocidad de onda de corte media (V_{s30}), para los diferentes puntos es:

VALORES DE Vs 30 PARA DIFERENTES PUNTOS							
ÍTEM	NOMBRE	AUTOR	UBICACIÓN	ESTE	NORTE	Vs30	NEC
2	MSQ11	ERN12	SOLANDA	774129,42	9969786,59	211,39	D
3	MSQ10	ERN12	CHIMBACALLE	776641,90	9972714,06	240,99	D
5	MSQ6	ERN12	LA GASCA	777579,44	9978134,20	344,59	D
6	MSQ4	ERN12	QUITO TENIS	779166,84	9981621,05	299,41	D
7	MSQ3	ERN12	ANDALUCIA	778269,84	9984390,85	269,81	D
9	MSQ1	ERN12	CONDADO	778905,06	9989137,70	241,89	D
8	PM1	PLANMAN	LICEO FERNANDEZ MADRID	777156,65	9974842,50	437,42	C
9	PM2	PLANMAN	ESCUELA SUCRE	777166,85	9975231,72	227,62	D
10	q2	METRO	QUITUMBE	772330,50	9968305,50	280,00	D
11	q4	METRO	MORAN VALVERDE	773182,00	9968919,50	315,00	D
12	q8	METRO	SOLANDA	773073,50	9970170,50	225,00	D
14	q16	METRO	EL CALZADO	774490,00	9972250,50	220,00	D
16	q20	METRO	EL RECREO	776045,50	9973075,50	260,00	D
17	q24	METRO	LA MAGDALENA	775898,00	9974343,50	300,00	D
19	q30	METRO	SAN FRANCISCO	777100,50	9975659,50	315,00	D
23	q41	METRO	LA ALAMEDA	778193,00	9977027,00	315,00	D
24	q45	METRO	U CENTRAL	778331,50	9978873,50	320,00	D
25	q52	METRO	LA PRADERA	780137,00	9979837,50	310,00	D
26	q55	METRO	LA CAROLINA	780651,00	9980530,00	340,00	D
27	q57	METRO	INAQUITO	780245,50	9981217,50	300,00	D
28	q59	METRO	JIPIJAPA	780250,00	9981607,00	285,00	D
29	q62	METRO	EL LABRADOR	779751,00	9983577,50	275,00	D
30	PM3	PLANMAN	COLEGIO BENALCÁZAR			577,75	C
29	PM4	PLANMAN	ESCUELA ESPEJO			398,12	C
29	E1	ESPE	PARQUE METROPOLITANO	783616,62	9979865,47	466,27	C

Figura 7. Valores obtenidos para VS30 en el DMQ (Aguiar, 2017).

Y de esta forma ERN (2012) obtuvo valores para factores de sitio Fa, Fd y Fs propios para cada sector analizado y a su vez compatibles con la NEC-SE-DS (2015); puliendo el mapa que se puede encontrar publicado en el Atlas de Amenazas Naturales y Exposición de Infraestructura del DMQ (2015).

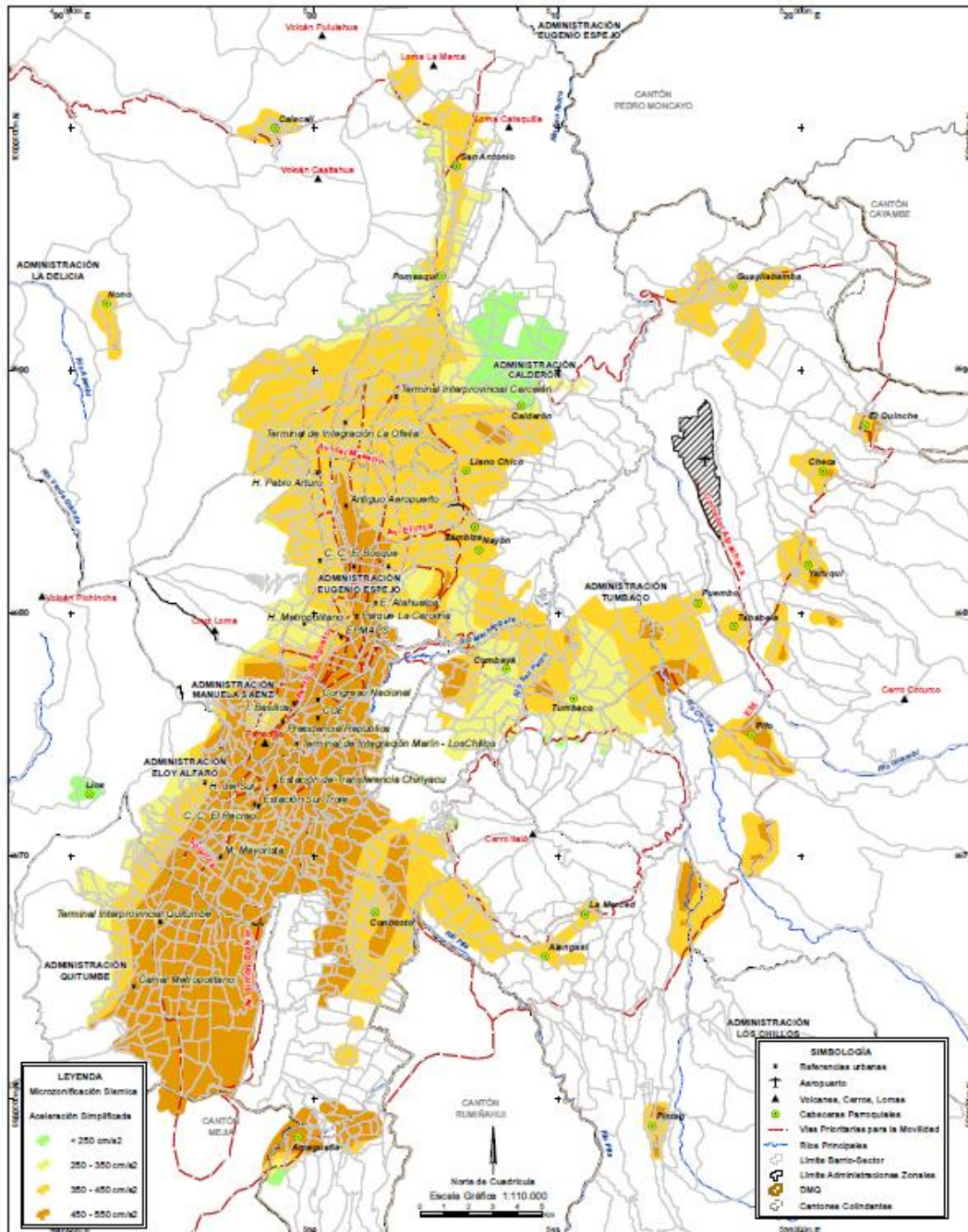


Figura 8. Mapa de microzonificación sísmica DMQ (Alcaldía de Quito, 2015).

2.2 ANÁLISIS LINEAL

La realización de este análisis da como resultado la obtención de desplazamientos, esfuerzos, reacciones y deformaciones; “está enfocado a un desplazamiento aproximado a la respuesta inelástica, mediante una pseudo carga lateral donde no se considera el factor de reducción de fuerza R , donde los criterios de aceptabilidad de los elementos son amplificados por un factor « m » que relaciona la ductilidad y la resistencia de cada elemento” (Abarca, Gallegos, Ortiz, & Ramírez, 2008).

Para este análisis, se determina una carga lateral supuesta o cortante basal, como se estipula en la NEC-SE-DS (2015), con datos como el peso de la estructura obtenido del modelo matemático, la aceleración espectral (S_a) la cual se relaciona con el periodo de vibración de la estructura y el coeficiente de amplificación del suelo en la zona de periodo corto y el factor de zona sísmica (Z) que será tomado del mapa de Aguiar (2017) y a su vez servirá para obtener los valores de F_a , F_d y F_s , se debe recalcar que el valor de estos factores es mayor en la NEC en contraste con los valores observados en la microzonificación sísmica realizada para el DMQ.

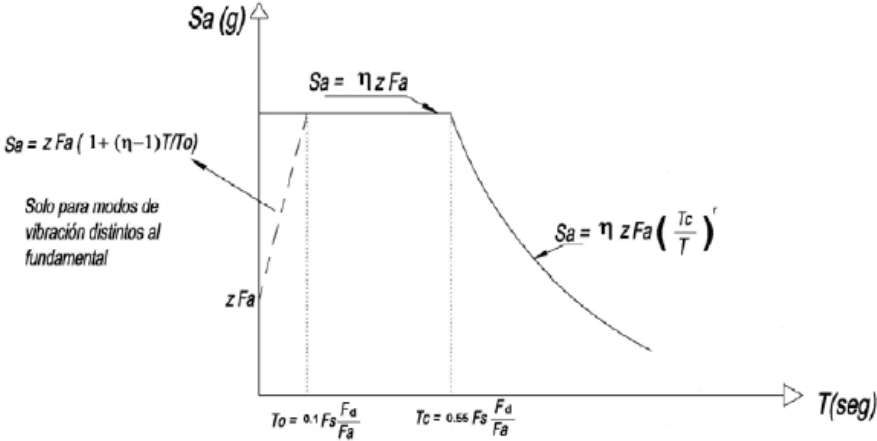


Figura 9. Gráfica de la aceleración espectral vs el período de la estructura (NEC, 2015).

El período de vibración (T) “es una estimación inicial razonable del periodo estructural que permite el cálculo de las fuerzas sísmicas a aplicar sobre la estructura y realizar su dimensionamiento” (NEC, 2015). Los límites del periodo de vibración son T_0 , T_c y T_L , este último va a ser utilizado en la definición del espectro de respuesta y se obtienen de la siguiente forma:

$$T = C_t h_n^a$$

Ecuación 4. Período de vibración (NEC, 2015).

$$T_0 = 0.10 \times F_s \times \frac{F_d}{F_a}$$

Ecuación 5. Período límite de vibración T_0 (NEC, 2015).

$$T_c = 0.55 \times F_s \times \frac{F_d}{F_a}$$

Ecuación 6. Período límite de vibración T_c (NEC, 2015).

$$T_L = 2.4 \times F_d$$

Ecuación 7. Período límite de vibración T_L (NEC, 2015).

Donde:

- Sa Espectro de respuesta elástico de aceleración, expresado como fracción de la aceleración de la gravedad [g].
- Fa Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleración para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.
- Fd Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamiento para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.
- Fs Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.
- T Periodo fundamental de vibración de la estructura.
- T₀ Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que represente el sismo de diseño.
- T_C Periodo límite de vibración en el espectro sísmico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.
- T_L Periodo límite de vibración utilizado para la definición de espectro de respuesta en desplazamiento.
- Z Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad [g].
- η Razón entre Sa y el PGA para el período de retorno seleccionado: 1.80 (región Costa, menos Esmeraldas), 2.48 (región Sierra, Esmeraldas y Galápagos) y 2.60 (región amazónica)
- r Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto: 1.5 para suelo tipo E y 1.0 para los demás.
- C_t Coeficiente que depende del tipo de edificio, NEC-SE-DS 6.3.3.
- h^a_n Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.

(NEC, 2015).

El siguiente paso será el cálculo de la carga lateral o cortante basal; se utiliza la expresión:

$$V = \frac{I \times S_a \times T_a}{R \times \emptyset_P \times \emptyset_E} \times W$$

Ecuación 8. Cortante basal (NEC,2015).

Donde:

- V Cortante basal de diseño.
- W Carga sísmica reactiva (peso).
- T_a Periodo de vibración.
- I Coeficiente de importancia NEC-SE-DS 4.1
- R Factor de reducción de resistencia sísmica NEC-SE-DS 6.3.4
- ∅_P Coeficiente de configuración en planta NEC-SE-DS 5.2.1.
- ∅_E Coeficiente de configuración en elevación NEC-SE-DS 5.2.1.

Estos valores, determinarán las deformaciones de piso o derivas inelásticas máximas, las cuales deben ser controladas por el diseñador para no superar lo permitido en la norma (2%).

Para el presente trabajo, este proceso será realizado por el modelo matemático, para así poder verificar datos de derivas de piso y la distribución vertical de fuerzas sísmicas laterales en cada nivel, siendo estas fuerzas distribuidas en el “sistema resistente a cargas laterales en proporción a sus rigideces” (NEC, 2015).

2.3 ANÁLISIS MODAL ESPECTRAL

Este tipo de análisis es utilizado para la estimación de fuerzas y desplazamientos de la estructura; utilizado para sistemas con varios grados de libertad, se puede idealizar como un sistema de masas y resortes. “Su base metodológica radica en que la vibración del suelo es transmitida a toda la estructura a través de sus elementos y como consecuencia de ella, las principales masas se mueven o desplazan en forma relativa respecto al suelo” (Rodríguez, 2016); obteniendo las frecuencias naturales y modos de vibración de la estructura, propias de la altura y

rigidez, y su relación con el sismo al que se somete y los desplazamientos de la masa en cada nivel.

El análisis modal “transforma el sistema de ecuaciones de un sistema de n grados de libertad a un sistema de ecuaciones de un grado de libertad; [...] cada modo responde como un sistema independiente de un grado de libertad” (Caudana, 2004) y se rigen de la ecuación:

$$M\ddot{x} + C\dot{x} + Kx = F(t)$$

Ecuación 9. Ecuación del movimiento dinámico (Curiel G., s.f.).

Donde

- M matriz de masa.
 - C matriz de amortiguamiento.
 - K matriz de rigidez.
 - \ddot{x} vector de aceleración.
 - \dot{x} vector de velocidad.
 - x vector de desplazamiento.
 - F(f) vector de fuerza en función del tiempo, fuerza transitoria.
- (Curiel, s.f.)

Para aplicar el espectro de respuesta se utilizará el diseñado según la normativa NEC, a su vez se puede utilizar histogramas de eventos posteriores o incluso métodos aleatorios para la aplicación de la carga sísmica. “El espectro de respuesta se define como una gráfica que proporciona información de las respuestas máximas (aceleraciones, desplazamiento, velocidades) que sucede en una determinada estructura a causa de una acción dinámica” (Cevallos, 2017).

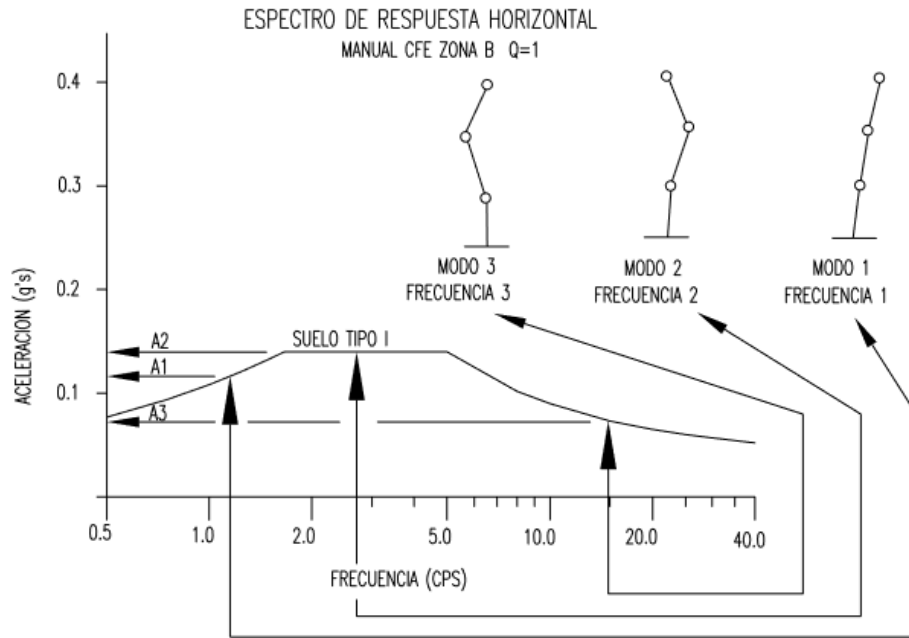


Figura 10. Metodología del análisis (Curiel, s.f.).

3 CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGÍA FEMA P-154

Se considerará para la evaluación el formulario detallado en la tercera edición de Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook, el cual consiste en otorgar una calificación dentro de los rangos establecidos, en donde el total nos dará un indicativo del riesgo de que la estructura pueda fallar ante un sismo, definiendo el colapso de una estructura como “la probabilidad de que el edificio pueda sufrir colapso parcial o total. En la parte del edificio, que el sistema de carga para cargas gravitacionales (como vigas, columnas, losas y pasillos) pierden su habilidad para cargar su propio peso o cualquier otro que soporte”² (Federal Emergency Management Agency, 2015); mientras que se define a un edificio con alta vulnerabilidad sísmica como aquel que sin necesidad de una inspección se considera que puede colapsar ante un sismo sobre lo esperado; este formulario se ha definido como óptimo en tiempo como en capital requerido que otros formularios de inspección como son: el ASCE/SEI 41, HAZUS o FEMA P-58, FEMA P-807.

Este formulario consta de dos niveles y presenta su versión para muy alta, alta, moderadamente alta, moderada y baja sismicidad (Anexo 1), para lo cual se debe determinar primero a cuál de estas clasificaciones corresponde el área de estudio, se recomienda el recopilar la información necesaria, mas no es fundamental realizar un análisis estructural para completar los datos; pudiéndose realizar solo una inspección por fuera.

Los resultados obtenidos son de utilidad para la realización de: reforzamientos, diseñar programas de mitigación, determinar que edificaciones se pueden monitorear ante un evento sísmico para recolección de datos; en la planificación de

² “Defines collapse probability as the probability that the building will suffer partial or complete collapse. In that part of the building, the gravity load-carrying system (such as beams, columns, floors, and shear walls) loses the ability to carry its own weight of whatever else it supports”.

evaluación post sismo y el poder planear nuevos proyectos o remodelar antiguos en base a la información obtenida (Federal Emergency Management Agency, 2015).

Para determinar que formulario se va a utilizar existe una tabla dispuesta en el manual para poder identificarlo:

Seismicity Region		Spectral Acceleration Response, S_s (short-period, or 0.2 seconds)	Spectral Acceleration Response, S_l (long-period, or 1.0 second)
	Low	less than 0.250g	less than 0.100g
	Moderate	greater than or equal to 0.250g but less than 0.500g	greater than or equal to 0.100g but less than 0.200g
	Moderately High	greater than or equal to 0.500g but less than 1.000g	greater than or equal to 0.200g but less than 0.400g
	High	greater than or equal to 1.000g but less than 1.500g	greater than or equal to 0.400g but less than 0.600g
	Very High	greater than or equal to 1.500g	greater than or equal to 0.600g

Notes: g = acceleration of gravity in horizontal direction

Figura 11. Región sísmica en base a la aceleración espectral (Federal Emergency Management Agency, 2015).

En el folleto se encuentra explicado como se debe calificar cada parámetro, finalmente, se sumará los resultados de la evaluación donde un total $S = 2$ implicará que existe una posibilidad de 1 en 10^2 o 1 en 100 de que la estructura colapse y así sucesivamente.

3.2 METODOLOGÍA NEC

En la Norma Ecuatoriana de la construcción en el capítulo de rehabilitación sísmica de estructuras (NEC-SE-RE, 2015) pone como objetivo de la evaluación el “determinar el nivel de desempeño sísmico de la estructura, incluyendo la verificación de si el edificio puede permanecer estable durante y luego de ocurrido un sismo” (NEC, 2015); en este documento se detallan cinco tipos de investigaciones:

- Estabilidad del edificio y desempeño sísmico (BS).
- Estabilidad del sitio (SS).
- Riesgo sísmico en el edificio (BD).
- Vulnerabilidad y pérdidas en el contenido (CD).
- Tiempo de interrupción (BI).

Para la evaluación se cuenta con un formulario (anexo 2) apto para diseñadores, constructores y personal capacitado, esperando que la información se registre de manera correcta, al igual que el formulario FEMA P-154 se otorgará puntajes a la estructura, cuya suma o resta será un indicativo del grado de vulnerabilidad de la estructura, y por lo tanto saber si se necesita un estudio más detallado, en este se encuentran datos de la edificación, datos del profesional que realiza la evaluación, esquemas de la estructura, se identifica el sistema estructural, código con el que rige el diseño y construcción y características del suelo; mientras menor sea esta puntuación mayor será la vulnerabilidad de la estructura, “un puntaje S=2 implica que hay una probabilidad de 1 en, 1 en 100 de que la edificación se derrumbe” (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016); compartiendo la forma en la cual se interpreta el resultado con el formulario FEMA P-154.

El formulario cuenta con cuatro partes donde se detallará:

3.2.1 DATOS

Se detallará datos característicos de la edificación como son:

- Ubicación, sitio de referencia y nombre de la edificación.
- Año de construcción o remodelación, área de la propiedad y número de pisos.
- Fecha de evaluación.
- Tipo de uso:
 - Asamblea lugares públicos de reunión como iglesias, teatros, etc.
 - Comercial empresas de cualquier tipo
 - Gobierno edificios de gobierno
 - Histórico estructuras patrimoniales
 - Industrial fábricas, bodegas, galpones, industria pesada, etc.
 - Oficina
 - Domiciliar o Residencial vivienda, hoteles, hostales, conjuntos, etc.
 - Educativo
- Datos del evaluador.
- Fotografía de la estructura y esquema de este.

3.2.2 TIPOLOGÍA DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

Se considerarán trece clases diferentes de tipologías, para las cuales se han determinado puntajes de vulnerabilidad. En el análisis de cada una de ellas se identificará el principal material constructivo de esta, de no ser apreciable en la inspección el evaluador se podrá guiar del estilo y tecnología más comunes en el año de construcción de la edificación.

W1	Madera natural o laminada de 1 o 2 pisos	C1	Pórticos de hormigón armado	S1	Pórtico de acero laminado
URM	Mampostería sin refuerzo de varillas de acero	C2	Pórticos de hormigón armado con muros estructurales	S2	Pórtico de acero laminado con diagonales
RM	Mampostería reforzada horizontal y verticalmente	C3	Pórticos de hormigón armado con mampostería confinada sin refuerzo	S3	Pórtico de acero doblado en frío
MX	Mixta de acero-hormigón o madera-hormigón			S4	Pórtico de acero laminado con muros estructurales de hormigón armado
		PC	Hormigón armado prefabricado	S5	Pórtico de acero con paredes de mampostería (bloque)

Tabla 2. Tipologías constructivas (Guía 5 NEC).

3.2.3 CARACTERÍSTICAS DE LA EDIFICACIÓN

- Altura de la edificación, número de pisos que posee.
- Irregularidad vertical:

Se puede asumir que una estructura cuenta con irregularidad vertical si cumple con alguna de las siguientes características: si una planta es 1.3 veces menor a el piso superior o inferior o la masa del piso es mayor a 1.5 veces, si el terreno es a desnivel, si existe piso débil, efectos de columna larga, corta o piso flexible, si se ha realizado la construcción de pisos fuera del diseño inicial. Al momento de realizar el cálculo del cortante basal se utilizará un factor de corrección.

- Irregularidad horizontal:

Las características que definen la irregularidad horizontal pueden ser definidas por: la forma en planta que puede ser en cruz, L, T, I, U o E; discontinuidad en el sistema de piso, ejes no paralelos, cuando el centro de

rigidez y de masa no coinciden o si se han realizado construcciones adosadas no planificadas originalmente.

- Código de construcción: según el año cuando fue construida la estructura se puede clasificar como pre-código o autoconstruida (hasta 1997), etapa de transición (1977-2001) o código moderno después de 2001 que se establece el Código Ecuatoriano de Construcción (CEC).
- Tipo de suelo, de los seis tipos de suelo especificados en la NEC (2015), se encontrarán tres tipos (C, D y E); se descartan tipo A y B por su resistencia y se considera que una estructura sobre tipo F no puede ser evaluada.

3.2.4 PUNTAJE Y GRADO DE VULNERABILIDAD

Cada una de las características mencionadas va a representar un puntaje, el cual sumado o restado va a representar un grado de vulnerabilidad sísmica, donde:

$S < 2.0$	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial.
$2.0 < S < 2.5$	Media vulnerabilidad.
$S > 2.5$	Baja vulnerabilidad.

De realizarse una inspección post evento sísmico, se procederá a completar el formulario de evaluación rápida adaptado del ATC-20 (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016), de esta forma graduar el daño entre: poco/ninguno, moderado o severo y de este modo poder poner una pancarta identificativa de la estructura.

Formulario de Evaluación Rápida

Inspección

Nombre Inspector/ CI: _____ Fecha, Hora y Lugar de la inspección: _____ AM PM

Afiliación: _____ Áreas Inspeccionadas: Solo Exterior Exterior e Interior

Descripción de la Edificación

Nombre de la edificación: _____ **Tipo de Construcción**

Dirección: _____ Estructura de madera Estructura con muros de hormigón

Número de contacto celular de la edificación: _____ Estructura mixta (a) Mampostería sin Refuerzo Estructural

Número de pisos sobre el suelo: _____ Subsuelo: _____ Estructura modular prefabricada Mampostería con Refuerzo Estructural

Área en planta (m2 o ft2): _____ Estructura de hormigón Otros _____

Número de residencias habitadas: _____ **Tipo de Ocupación**

Número de residencias no habitadas: _____ Familiar Comercial Gobierno

Otro tipo de residencia Oficinas Histórico

Asamblea Pública Industrial Colegios

Servicios de emergencia Otros _____

Evaluación

Investigar la edificación y marcar sus condiciones en una de las columnas

Condiciones Observadas:

	Poca/Ninguna	Moderada	Severa
Colapso total, parcial o su cimentación afectada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Edificación fuera de plomo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Agregamiento en muros u otro daño estructural	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Daños en el antepecho, chimenea u otro elemento que amenace con caer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otro (Especificar)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Condiciones Observadas: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Comentarios: _____

Marcación

Determinar la marcación de la estructura en base a la evaluación y al juicio del equipo de investigación. Las condiciones severas que amenacen el estado estructural de una edificación son suficientes para clasificarla como Insegura. Condiciones de daños severas y moderadas pueden clasificar a la estructura como Uso Restringido. Marcar a las estructuras con la pancarta INSPECCIONADAS únicamente en la entrada principal. Marcar a la estructuras con la pancarta de USO RESTRINGIDO e INSEGURA en todas las entradas.

INSPECCIONADA (Pancarta verde) USO RESTRINGIDO (Pancarta Amarilla) INSEGURO (Pancarta roja)

Identificar cualquier restricción de uso existente al igual que en la pancarta de marcación:

Futuras Acciones Poner check en cualquiera de las cajas que se enseñan a continuación en el caso de que si se necesiten futuras acciones:

Uso de barricadas en las siguientes áreas: _____

Recomienda Evaluación Detallada Estructural Geotécnica Otra: _____

Otra recomendación: _____

Comentarios: _____

Figura 12. Formulario de evaluación rápida de estructuras post-evento (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016).

INSPECCIONADO
OCUPACIÓN LEGALMENTE PERMITIDA

La estructura ha sido inspeccionada (como se indica abajo) y no existe amenaza sobre estructuras o elementos.

Inspección Exterior
 Inspección Exterior e Interior

Reportar cualquier condición de inseguridad a la prefectura local puede ser reportada una reparación. Comentario del Inspector:

Nombre de la Inspección y Dirección: _____

Prohibido remover, alterar o cubrir esta pancarta sin la debida autorización de las Autoridades Gubernamentales

USO RESTRINGIDO

Precaución: Esta edificación ha sido inspeccionada y se ha determinado que existen los siguientes daños:

Las siguientes áreas y/o áreas de ocupación se encuentran legalmente restringidas:

No ingresar a las siguientes áreas:

Ciertas áreas permitidas para obtener acceso o comarcas:

Otras restricciones:

Nombre de la Inspección y Dirección: _____

Prohibido remover, alterar o cubrir esta pancarta sin la debida autorización de las Autoridades Gubernamentales

INSEGURO
PROHIBIDO EL INGRESO Y OCUPACIÓN
(ESTA PANCARTA NO ES UNA ORDEN DE DEMOLICIÓN)

La estructura no fue inspeccionada y se determinaron serios daños y amenazas estructurales. La inspección se inspecciona como se indica.

Esta inspección fue inspeccionada en condiciones de emergencia por:

No ingresar a la edificación a menos que exista una autorización escrita por parte de la prefectura local. El ingreso a la misma puede provocar lesiones y hasta muerte.

Nombre de la Inspección y Dirección: _____

Prohibido remover, alterar o cubrir esta pancarta sin la debida autorización de las Autoridades Gubernamentales

Figura 13. Pancartas de señalización para estructuras evaluadas (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016).

3.3 ENSAYO CON ESCLERÓMETRO

Dentro de los ensayos no destructivos encontramos el ensayo con esclerómetro, popular en cuanto a su rapidez, facilidad de transporte y bajo costo, el cual busca encontrar la resistencia del hormigón en base al rebote de los golpes realizados con el martillo contra la superficie ensayada, midiendo la dureza superficial del elemento.

El martillo fue “creado por el ingeniero suizo Ernst Schmidt en 1948. Se han creado cuatro tipos de martillos: 1. El estándar, para construcciones en general. 2. Una versión pequeña, para productos pequeños o de superficies muy sensibles al impacto. 3. Una versión para emplearse en grandes masas y secciones gruesas y 4. Un martillo tipo péndulo para materiales de baja dureza y resistencia” (Gómez, 1987); hoy en día en el mercado se encuentran “dos tipos de martillo, el tipo L con una energía de impacto de 0.735 Nm y el tipo N con una energía de impacto de 2.207 Nm” (Lozano).

Para realizar este ensayo se debe contar un con una superficie plana, limpia y seca, retirando pintura y masillado de la zona hasta llegar al hormigón del elemento estructural, donde se colocará la cuadrícula guía, la cual tendrá separaciones de 2.5 a 5 centímetros y sosteniendo el martillo en forma horizontal y perpendicular a la pared se procederá a realizar de 10 a 12 impactos, si existiese una desviación estándar de más del 20% el ensayo deberá repetirse (ASTM International, 2018).

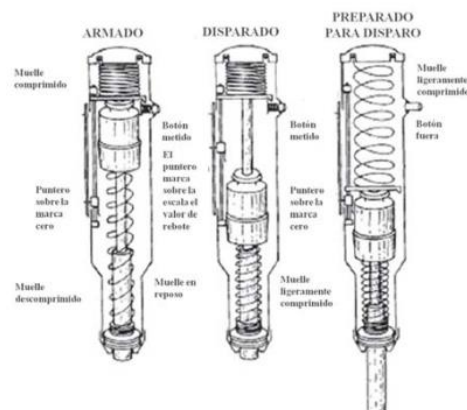


Figura 14. Principio de funcionamiento del martillo (Lozano).

Para la obtención de la resistencia del hormigón se detallan dos métodos: usando las curvas de martillo o como indica la norma japonesa; se debe recordar el realizar las correcciones por antigüedad y humedad a el valor de $f'c$ obtenido.

3.3.1 MÉTODO 1: CURVAS DEL MARTILLO

Este método consiste en utilizar las curvas dadas por los fabricantes del martillo y de acuerdo con la posición donde se realiza y al promedio obtenido, se calculará la resistencia del hormigón.

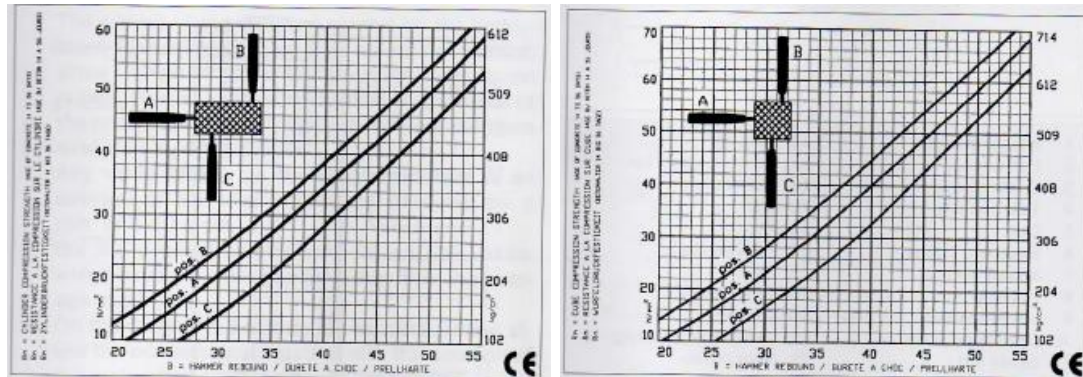


Figura 15. Gráfica del fabricante del martillo (Manual del usuario Esclerómetro Per Calcestruzzo).

3.3.2 MÉTODO 2: CONCRETE TEST HAMMER N-6500, D-7500, R-7500 OPERATING INSTRUCTIONS.

Este método presentado en la norma japonesa considera factores de corrección, ya sea por humedad y antigüedad del elemento e inclinación del martillo; la fórmula es:

$$F'c (N/mm^2) = 0.098 * (-184 + 13 * R)$$

Ecuación 10. Fórmula del método japonés

Donde:

R promedio de la lectura del martillo

4 CAPÍTULO 4

4.1 ELECCIÓN DEL FORMULARIO

Para el presente trabajo, a pesar de considerar el formulario FEMA P-154 más completo a nivel de evaluación, se ha decidió usar el formulario obtenido en la NEC al ser este pensado para la realidad nacional y adaptarse mejor a las necesidades previstas para el análisis de los datos.

4.2 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

Para el área de estudio se ha definido las características de suelo en base a la información proporcionada por el municipio del DMQ, el trabajo de Aguiar y con los estudios de suelo realizados en las construcciones más recientes de la zona, obteniendo como resultado para el sector California - Bonanza:

- Aceleración: (Simplificada) 350-450 cm/s² (Alcaldía de Quito, 2015)
- Zona sísmica: V, peligrosidad sísmica alta (NEC, 2015)
- Z: 0.4 (NEC, 2015)
- Fa: 0.850 (Aguiar, 2017) , 1.2 (NEC, 2015)
- Fd: 0.775 (Aguiar, 2017), 1.19 (NEC, 2015)
- Fs: 0.915 (Aguiar, 2017), 1.28 (NEC, 2015)
- η : 2.48 provincias de la Sierra
- Perfil de suelo en estudios dentro del área de estudio: Suelo tipo D, predominan los limos arenosos según el estudio de suelos realizado (Ecuasuelos21, 2017).

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Figura 16. Valores de Fa (NEC, 2015) .

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Figura 17. Valores de F_d (NEC, 2015).

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Figura 18. Valores de F_s (NEC, 2015).

4.3 ENSAYO CON ESCLERÓMETRO

El presente ensayo se realizó en una de las propiedades pertenecientes al área de estudio, donde se procedió a retirar pintura y enlucido, se ubica cada uno de los elementos ensayados en el plano de la propiedad.

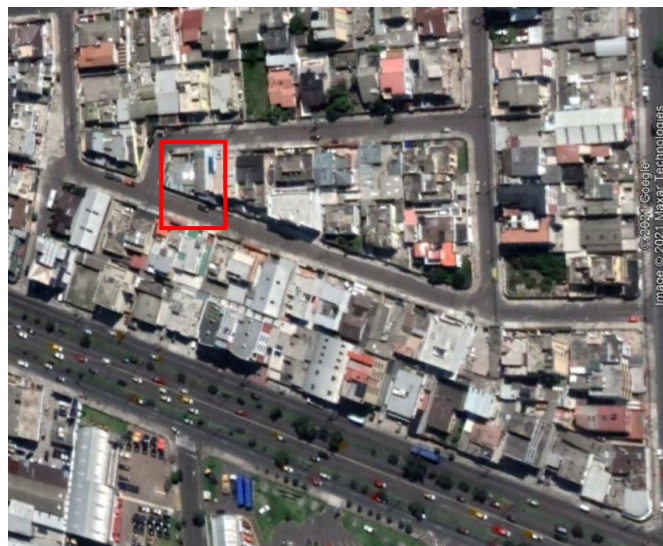


Figura 19. Lugar del ensayo con esclerómetro (Proaño G., 2021).

4.3.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

- Esclerómetro Per Calcestruzzo.
- Rango de medición: 100 – 600 kg/cm² (± 1.8 N/mm²).
- Precisión: ± 18 kg / cm² ($\sim \pm 1,8$ N / mm²).
- Energía de Impacto: 2.207 Nm (0.225 Kgm).
- Indicador de medición en la escala frontal: 0 - 100 (adimensional).
- Escala de resistencia a la presión en la parte trasera.
- Tabla de corrección del valor de medición en las instrucciones.
- Espesor máximo del hormigón de ensayo: 70 cm.
- Dimensiones Diámetro: 66 x 280 mm.
- Peso: 1 kg (Otáñez, 2020).

4.3.2 ENSAYOS

Se realizó el ensayo en siete elementos: dos vigas y cinco columnas;



- Columnas ensayadas (cuatro en el primer piso y una en el segundo)
- Vigas ensayadas

Figura 20. Ubicación de los elementos ensayados (Proaño G., 2021).

4.3.2.1 PRIMER ENSAYO: PISO 1, COLUMNA ESQUINERA

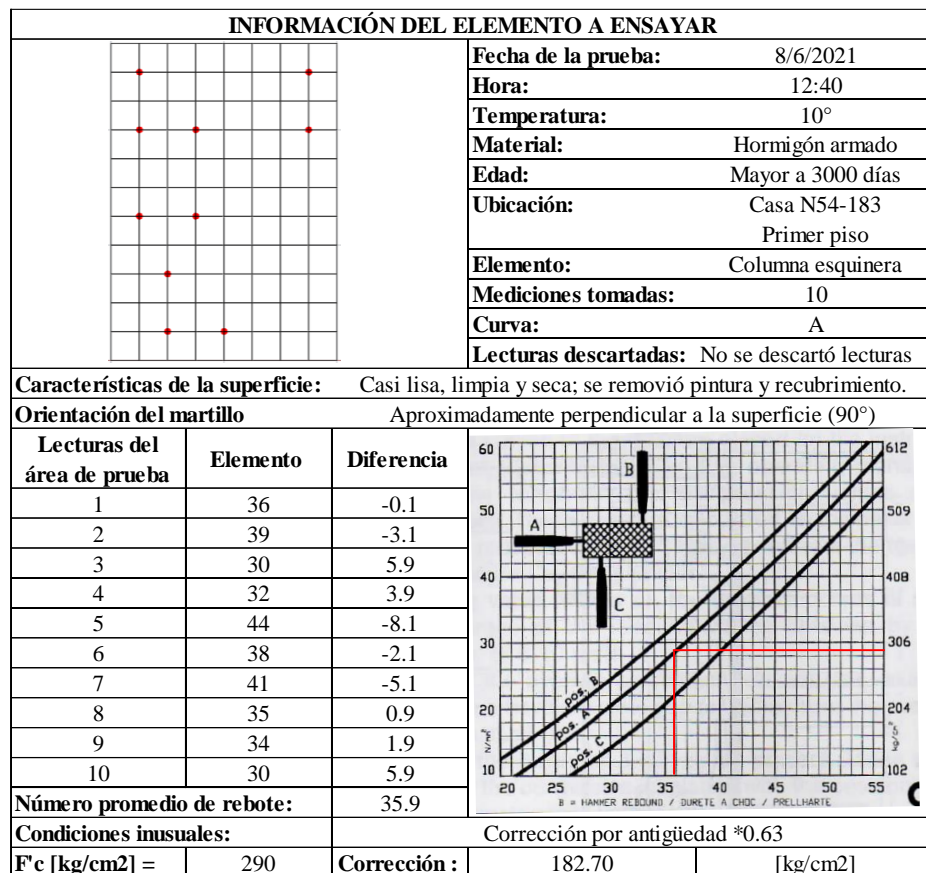


Figura 21. Resumen de resultados primer ensayo (Proaño G., 2021).

4.3.2.2 SEGUNDO ENSAYO: PISO 1, COLUMNA MEDIANERA

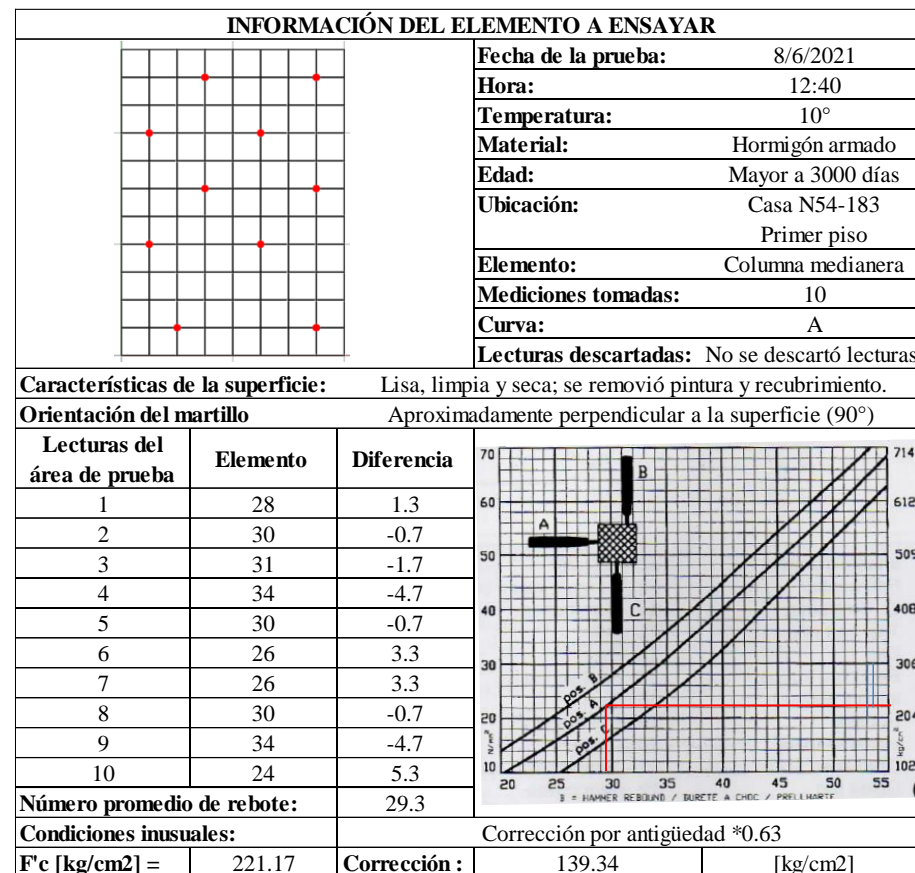


Figura 22. Resumen de resultados segundo ensayo (Proaño G., 2021).

4.3.2.3 TERCER ENSAYO: PISO 1, COLUMNA CENTRAL

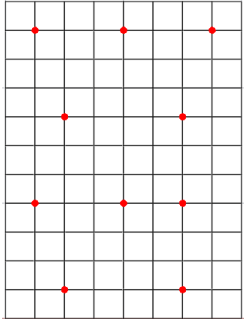
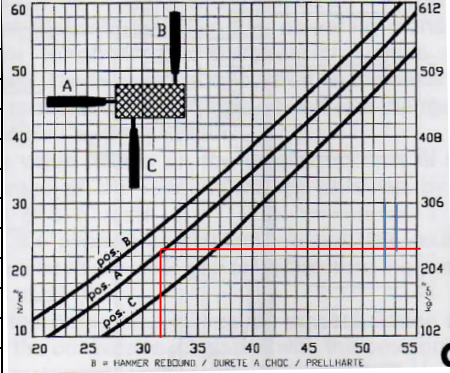
INFORMACIÓN DEL ELEMENTO A ENSAYAR			
		Fecha de la prueba:	8/6/2021
		Hora:	13:25
		Temperatura:	10°
		Material:	Hormigón armado
		Edad:	Mayor a 3000 días
		Ubicación:	Casa N54-183 Primer piso
		Elemento:	Columna central
		Mediciones tomadas:	10
		Curva:	A
		Lecturas descartadas:	No se descartó lecturas
Características de la superficie:		Lisa, limpia y seca; se removió pintura y recubrimiento.	
Orientación del martillo:		Aproximadamente perpendicular a la superficie (90°)	
Lecturas del área de prueba	Elemento	Diferencia	
1	34	-2.4	
2	32	-0.4	
3	32	-0.4	
4	30	1.6	
5	28	3.6	
6	28	3.6	
7	30	1.6	
8	36	-4.4	
9	32	-0.4	
10	34	-2.4	
Número promedio de rebote:		31.6	
Condiciones inusuales:		Corrección por antigüedad *0.63	
F'c [kg/cm2] =	230.53	Corrección :	145.23 [kg/cm2]

Figura 23. Resumen de resultados tercer ensayo (Proaño G., 2021).

4.3.2.4 CUARTO ENSAYO: PISO 1, COLUMNA GRADERÍO

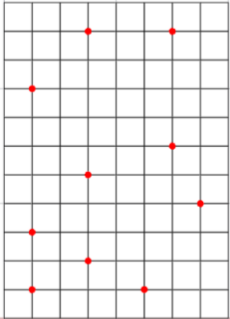
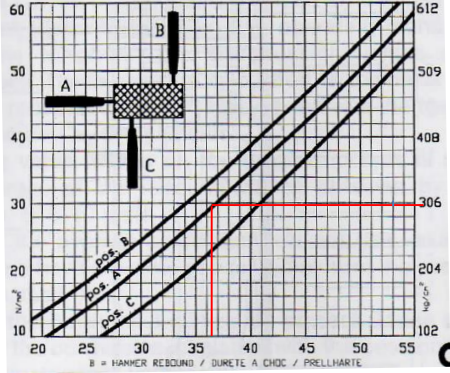
INFORMACIÓN DEL ELEMENTO A ENSAYAR			
		Fecha de la prueba:	8/6/2021
		Hora:	13:00
		Temperatura:	10°
		Material:	Hormigón armado
		Edad:	Mayor a 3000 días
		Ubicación:	Casa N54-183 Primer piso
		Elemento:	Columna gradas
		Mediciones tomadas:	10
		Curva:	A
		Lecturas descartadas:	No se descartó lecturas
Características de la superficie:		Casi lisa, limpia y seca; se removió pintura y recubrimiento.	
Orientación del martillo:		Aproximadamente perpendicular a la superficie (90°)	
Lecturas del área de prueba	Elemento	Diferencia	
1	32	4.2	
2	30	6.2	
3	30	6.2	
4	38	-1.8	
5	40	-3.8	
6	36	0.2	
7	38	-1.8	
8	40	-3.8	
9	40	-3.8	
10	38	-1.8	
Número promedio de rebote:		36.2	
Condiciones inusuales:		Corrección por antigüedad *0.63	
F'c [kg/cm2] =	300	Corrección :	189.00 [kg/cm2]

Figura 24. Resumen de resultados cuarto ensayo (Proaño G., 2021).

4.3.2.5 QUINTO ENSAYO: PISO 2, COLUMNA GRADERÍO

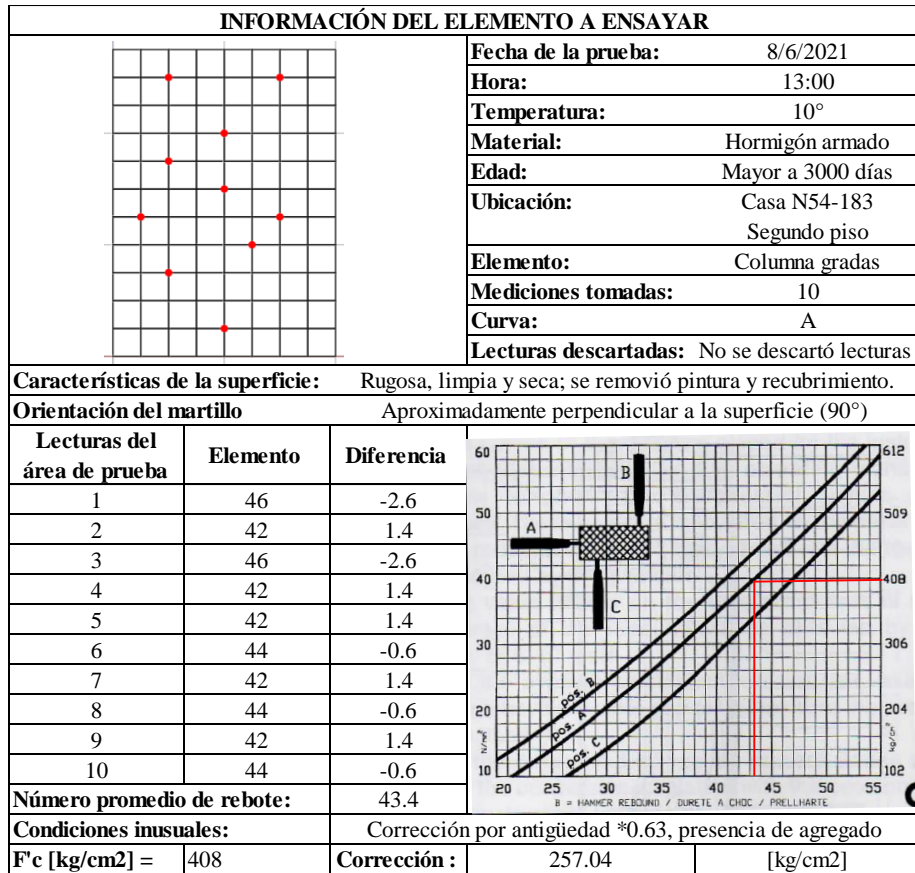


Figura 25. Resumen de resultados quinto ensayo (Proaño G., 2021.).

4.3.2.6 SEXTO ENSAYO: VIGA LADO CORTO DE LA COLUMNA

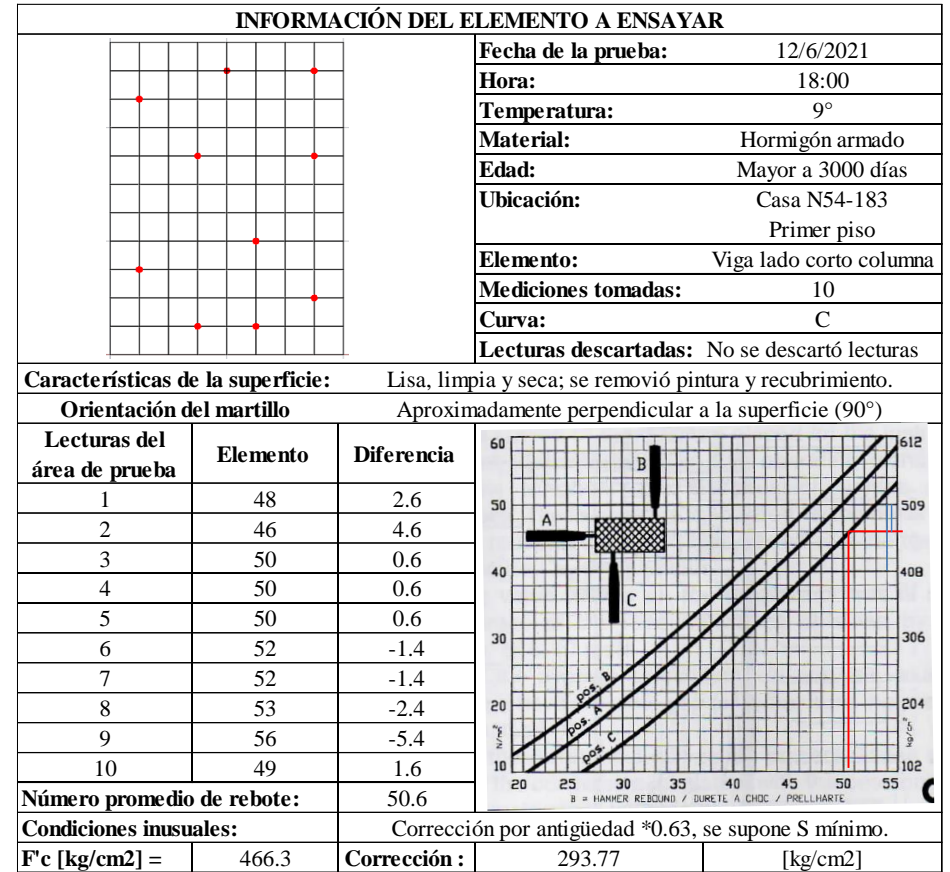


Figura 26. Resumen de resultados sexto ensayo (Proaño G., 2021.).

4.3.2.7 SÉPTIMO ENSAYO: VIGA LADO LARGO DE LA COLUMNA

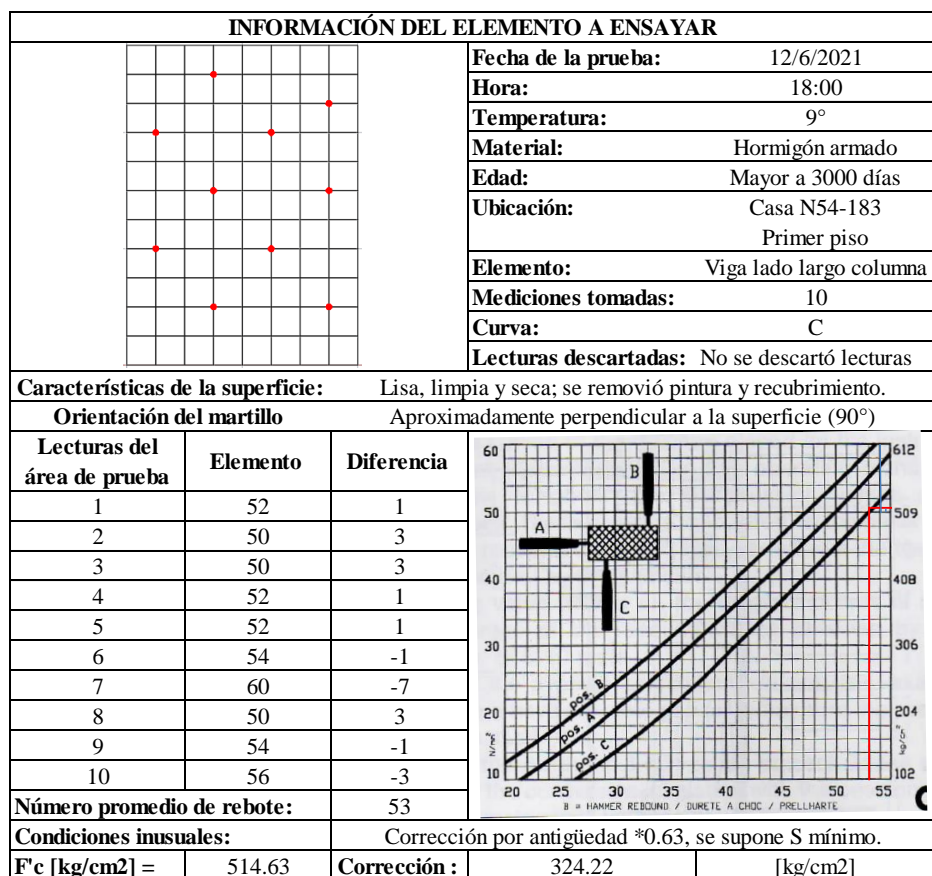


Figura 27. Resumen de resultados séptimo ensayo (Proaño G., 2021).

4.3.2.8 RESUMEN

Ubicación	P1 C esquinera	P1 C medianera	P1 C central	P1 C gradas	P2 C gradas	V1	V2
F'c (kg/cm ²)	182.70	139.34	145.23	189.00	257.04	293.77	324.22

Tabla 3. Resumen de resultados esclerometría (Proaño G., 2021).

En los resultados es apreciable que todas las columnas de la primera planta no superan los 200 kg/cm² de resistencia del hormigón, valor justificable por el año de construcción de la vivienda y el tipo de hormigón que se usaba en la época.

Es notable que en la columna de las gradas del segundo piso tiene una resistencia mayor, este resultado se debe a la presencia de agregado grueso, el cual no permitió que la superficie fuera totalmente lisa.

Al observar los resultados obtenidos en vigas se decidió repetir el ensayo y al obtener resultados similares y determinar que el valor de la resistencia no corresponde con el hormigón utilizado en la década de 1970 o hasta en la actualidad, se llega a la conclusión de que en la zona donde se realizó el ensayo existe una separación mínima del acero de refuerzo y eso afecta a los resultados del ensayo.

4.4 ANÁLISIS DE FORMULARIOS

Posterior a la visita de las propiedades ubicadas en la zona de estudio y a completar los formularios, se procesan los datos (Anexo 3) en el programa Power BI versión de escritorio para obtener el comparativo de las características evaluadas en la forma NEC-15, recopilando los siguientes resultados, de acuerdo con cada uno de los parámetros solicitados en el formulario de inspección:

4.4.1 TIPO DE INSPECCIÓN

De los 51 formularios completados, 30 fueron llenados de forma visual, ya sea por la negativa al permitir la inspección, desconocimiento sobre la propiedad o al no encontrarse los dueños; se usó como referencia la información proporcionada en la clave catastral de cada predio y los detalles apreciables desde el exterior; dichas fichas pueden encontrarse en el disco adjunto.

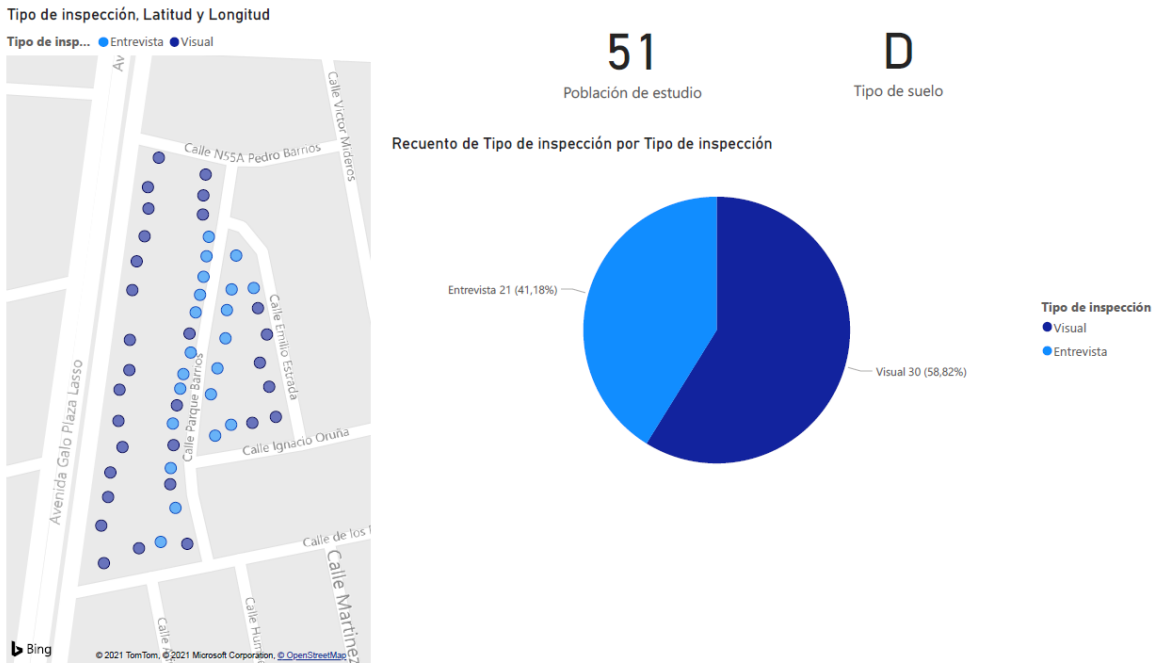


Figura 28. Lámina Tipo de inspección (Proaño G., 2021).

4.4.2 TIPO DE USO DEL SUELO

De las 51 propiedades evaluadas es posible observar que el 62.75% es exclusivamente residencial; en las calles principales el uso es mixto entre domiciliario y comercial, siendo el primer piso dedicado para locales y los superiores son vivienda; solamente existe una estructura de uso exclusivo comercial y cuatro exclusivamente industrial.

Considerándose a la av. Galo Plaza Lasso como de gran afluencia para clientes y en consecuencia acogiendo a la mayoría de las estructuras no residenciales.

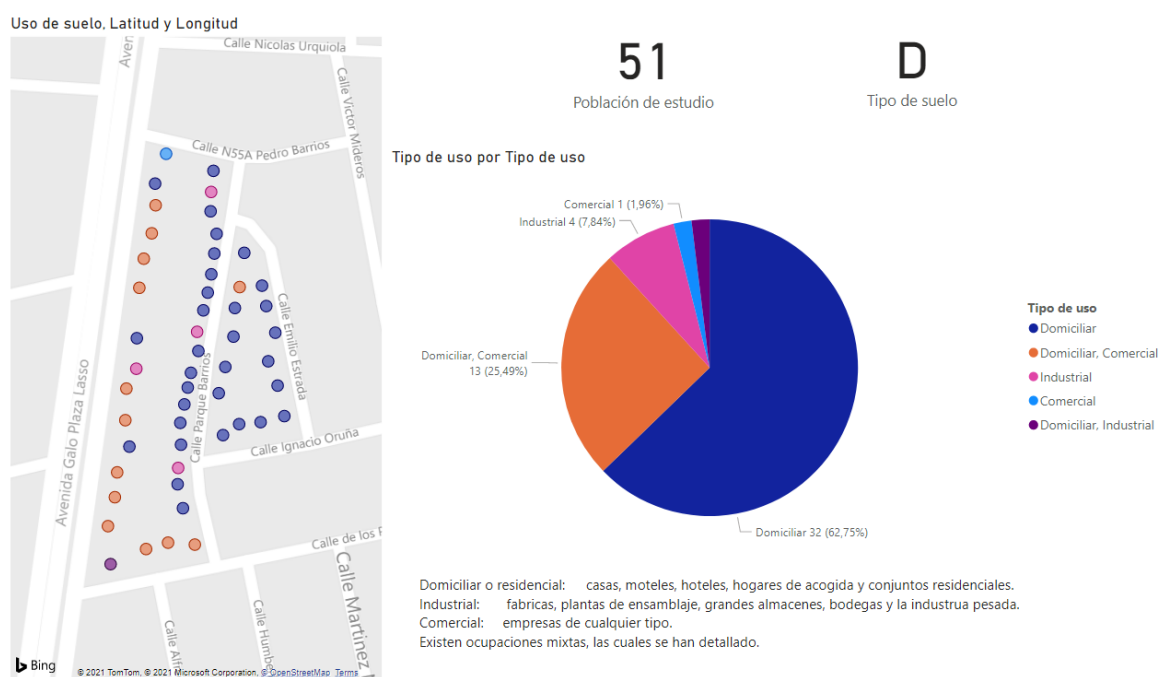


Figura 29. Lámina de uso de suelo (Proaño G., 2021).

4.4.3 TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Si se considera la antigüedad de la zona y el uso de materiales de la época, encontramos dos tipologías constructivas predominantes (41.18%); siendo las más antiguas tipo C3, con pórticos de hormigón y mampostería sin refuerzo, mayormente de ladrillo en el primer piso y de bloque en los siguientes pisos y C1, con pórticos de hormigón armado.

Solo cinco de las propiedades analizadas poseen como elemento estructural el acero, siendo estas de tipo industrial o viviendas, se observó que son construidas en años recientes, relacionando este hecho a la popularización de esta tipología.

Existiendo unas pocas edificaciones que presentan una mezcla de los sistemas constructivos (hormigón y acero), relacionándose a la diferencia entre fechas de construcción de los pisos.

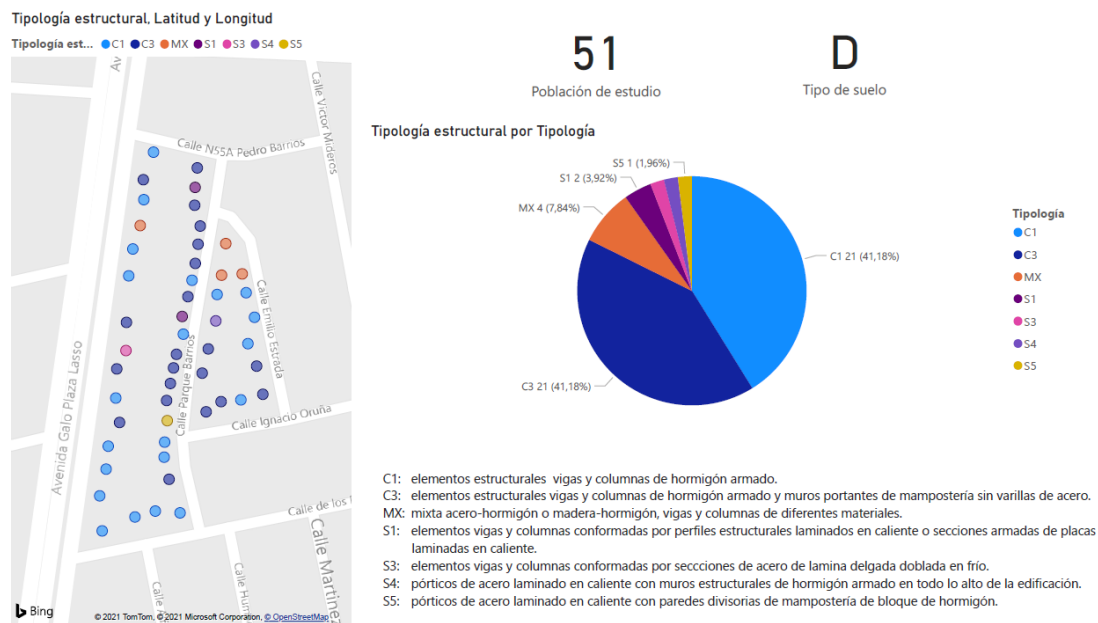


Figura 30. Lámina de tipologías estructurales (Proaño G., 2021).

4.4.4 NÚMERO DE PISOS

Como se indicó en el comienzo de este trabajo, el sector estaba ubicado en la zona de influencia del antiguo aeropuerto Mariscal Sucre, justificando que la mayor altura sea de cinco pisos, uno más de lo que se especifica en las claves catastrales de la zona; siendo más común el encontrarse con edificaciones de tres niveles (35.29%) y en un 25.49% de dos plantas.

Se debe recalcar que en gran parte de los casos estas segundas y terceras plantas no contaban en el diseño original de la propiedad y fueron construidos años después del levantamiento del primer piso, muchas veces sin la intervención de un profesional- siendo también evidenciable el cambio de material para albañilería de ladrillo a bloque.

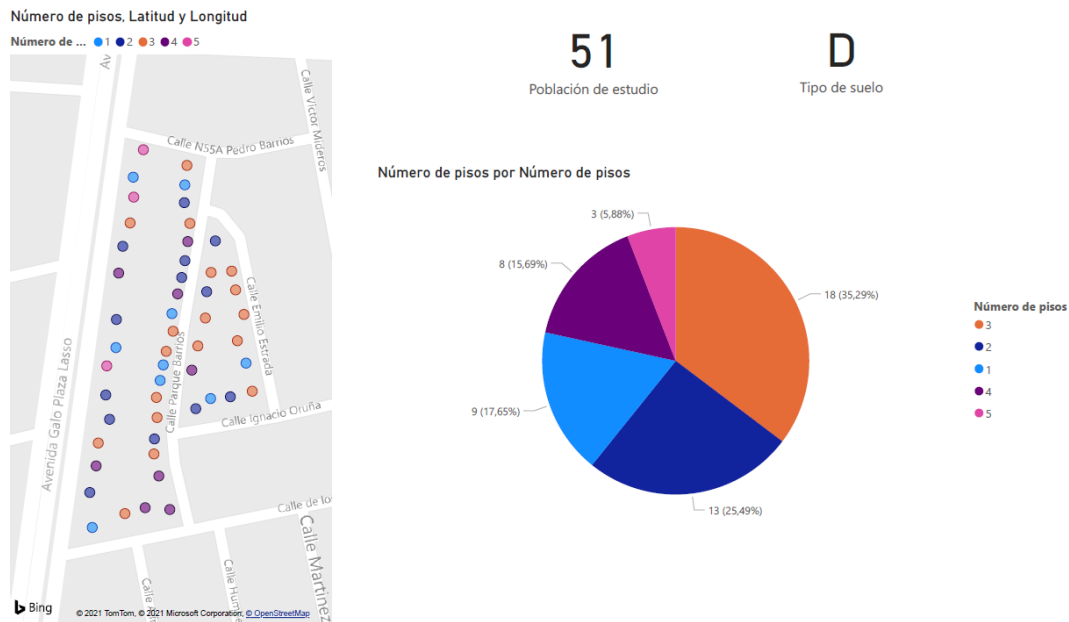


Figura 31. Lámina altura/número de pisos (Proaño G., 2021).

4.5 IRREGULARIDAD ESTRUCTURAL

Como se mencionó en el capítulo 3.2.3 existen varias configuraciones estructurales que provocan irregularidad, tanto en planta como en elevación, donde:

- 26 estructuras presentan irregularidad en planta,
- 20 irregularidad vertical y
- 39.22% (20 edificaciones) presentan ambas.

En algunos casos el determinar si cumplía con estas características fue criterio del evaluador, al no poder tomar las mediciones necesarias, por lo que también se apoyó en la implantación grafica del lote proporcionada en la carta catastral.



Figura 32. Lámina de irregularidad estructural (Proaño G., 2021).

4.5.1 CÓDIGO DE CONSTRUCCIÓN

Se encontró que en el sector el 60.78% de las construcciones datan de la época de transición, entre 1977 y 2001; lamentablemente esto no asegura que se cumpla con el código establecido en la época, el cual detallaba requisitos de diseño sísmico y la estimación de fuerzas laterales actuantes sobre la estructura. Esto se debe al desconocimiento de los propietarios y a la preferencia de usar mano de obra no calificada para abaratar costos en la construcción; esto representa un riesgo, al cual se le puede agregar que el 21.57% de casos donde la estructura fue construida antes de 1977 y fueron catalogadas como pre-código o autoconstruidas.

En el caso de que los habitantes no quisieran participar, se estimó el año de construcción mediante el estilo arquitectónico de la edificación y los rasgos característicos de cada época.

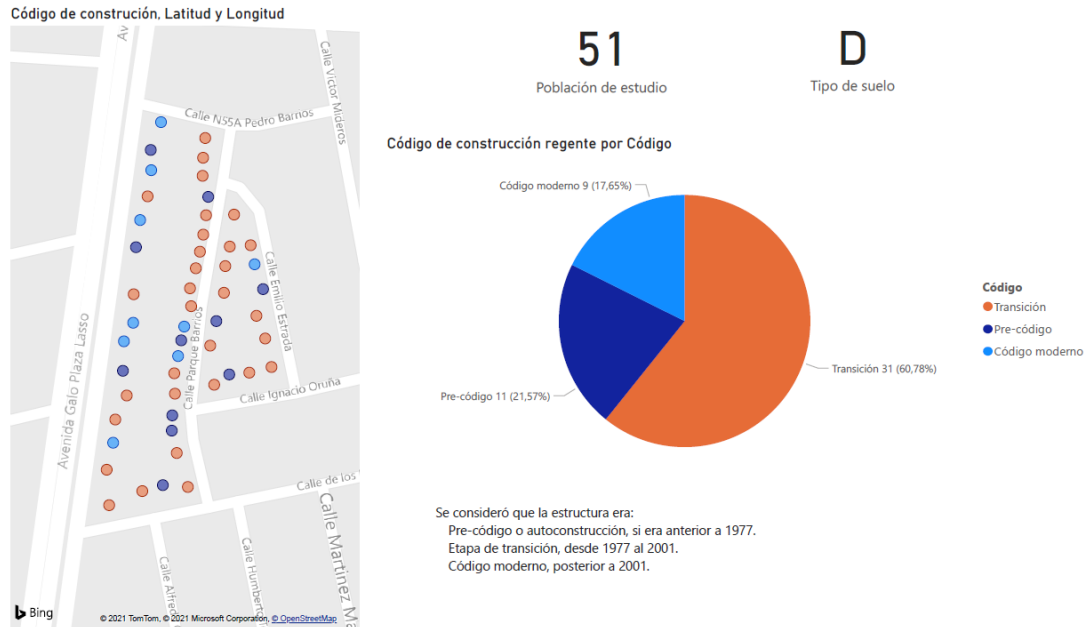


Figura 33. Lámina código de construcción (Proaño G., 2021).

4.5.2 GRADO DE VULNERABILIDAD

Finalmente, teniendo en cuenta los datos expuestos, no es de sorprender que 43 estructuras (84.31%) de la población inicial presenten un puntaje final (S) menor a 2.0 puntos, lo cual representa una vulnerabilidad alta y se requiere de una evaluación ingenieril a profundidad; mientras que solo 3 estructuras clasifican como vulnerabilidad media y 5 como baja.

De esta forma se cataloga la zona de estudio como altamente vulnerable ante un evento sísmico de gran escala, pudiendo estas estructuras dañar a las de menor vulnerabilidad por efectos de vibración ante las ondas de corte.

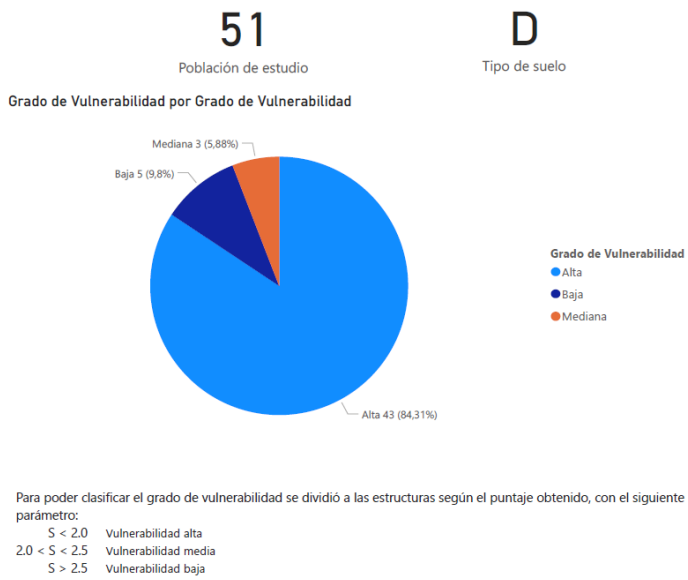
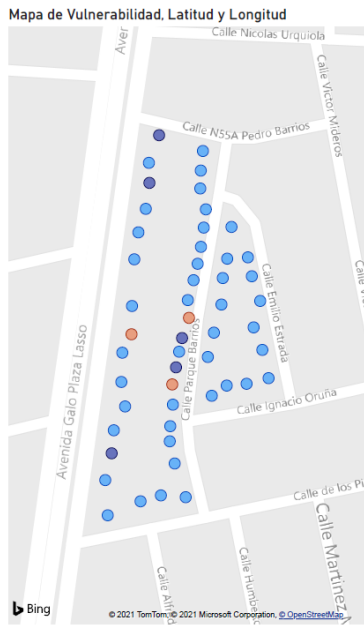


Figura 34. Lámina grado de vulnerabilidad (Proaño G., 2021).

5 CAPÍTULO 7: MODELOS MATEMÁTICOS SAP2000

5.1 TIPOLOGÍA 1

TIPOLOGÍA 1	
Tipo de uso	Residencial/Domiciliar
Número de pisos	2 pisos, terraza accesible sin construcción.
Tipología del sistema estructural	C3, pórtico de hormigón armado con mampostería confinada, sin refuerzo.
Irregularidad vertical	Ocasionada por construcción de pisos no planificados en el diseño original.
Irregularidad en planta	Planta tipo L.
Código de la construcción	Pre-código o auto construida.
Tipo de suelo	D

Tabla 4. Tipología 1 (Proaño G., 2021).

5.1.1 MODELO MATEMÁTICO

5.1.1.1 MATERIALES

- Hormigón $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$
 - $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2 = 17.652 \text{ MPa}$
 - $E [\text{GPa}] = 4.7 * \text{raiz}(f'c) [\text{MPa}]$ (NEC, 2015)

$$E [\text{GPa}] = 4.7x\sqrt{17.652}[\text{MPa}]$$

$$E = 17.7467[\text{GPa}] = 180965.977 [\text{kg/cm}^2]$$

Ecuación 11. Cálculo del módulo de elasticidad (Proaño G.,2021).

- Acero de refuerzo
 - $F_y = 4\ 200 \text{ kg/cm}^2$
 - $E = 200000 \text{ MPa}$

5.1.1.2 CARGAS

- Carga viva

Al considerarse el uno exclusivamente residencial se optará el valor propuesto por la NEC-SE-CG = $2.0 \text{ [kN/m}^2\text{]}$ (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015).

Carga viva		
CV	2	kN/m ²
	0.2	T/m ²

Figura 35. Carga viva aplicada (Proaño G.,2021).

- Carga muerta

Se sumará el peso de los diferentes elementos y acabados de la estructura, el siguiente modelo se compone de:

- Terraza accesible (0.72 T/m²),
- Losa de entrepiso (1.5 T/m²) y
- Techo sobre viguetas (0.02 T/m²).

Carga muerta		
Mampostería		
Bloque	12	kN/m ²
Peso	0.192	T/m ²
Enlucido		
Mortero	0.2	kN/m ²
Volumen	2.73	m ³
Peso	0.056	T/m ²
Instalaciones		
Peso	0.01	T/m ²
Piso		
Peso	0.02	T/m ²
Techo		
Peso	0.02	T/m ²
Acabados		
Peso	0.15	T/m ²
Cielo Raso		
Peso	0.02	T/m ²

Figura 36. Carga muerta aplicada (Proaño G.,2021)

- Carga sísmica

Se calculará con los datos de la sección 4.2 y el procedimiento descrito en la norma NEC-SE-DS (2015).

DATOS		
H edificio	4.54	m
Región	Sierra	
Ciudad	Quito	
Tipo de suelo	D	
Zona sísmica	V	
Peligro sísmico	Alto	
Factor Z	0.40	
Fa	Aguiar (2017)	0.9
Fd	Aguiar (2017)	0.775
Fs	Aguiar (2017)	0.915
η	NEC 3.3.1	2.48
r	NEC 3.3.1	1
Importancia I	NEC 4.1	1
Elevación ϕ_e	NEC 5.2.1.	0.9
Planta ϕ_i	NEC 5.2.1.	0.9
Coeficiente Ct	NEC 6.3.3	0.055
Coeficiente α	NEC 6.3.3	0.9
Factor R	NEC 6.3.4	3

Periodos de Vibración		
Periodo límite Tc	NEC 3.3.1	0.43
Periodo límite Tl	NEC 3.3.1	1.86
Periodo límite To	NEC 3.3.1	0.07879167
Periodo Fundamental T	NEC 6.3.3	0.216

Figura 37. Carga sísmica aplicada (Proaño G.,2021).

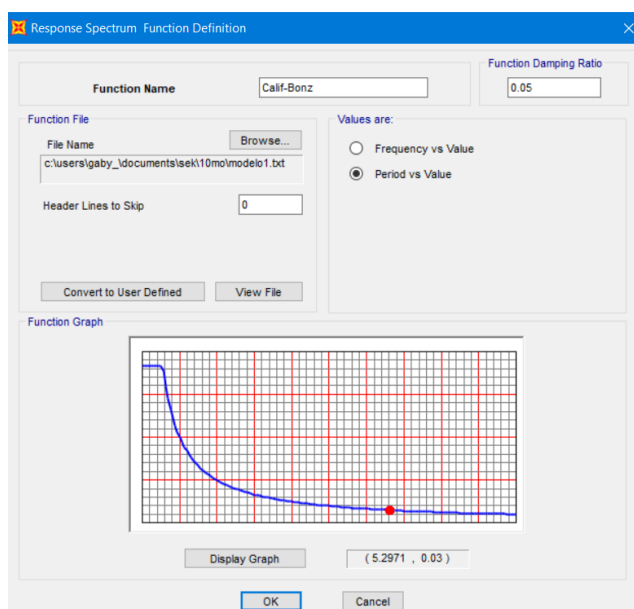


Figura 38. Creación del espectro sísmico (Proaño G.,2021).

- Combinación de cargas
 - 1.4 D
 - 1.2 D + 1.6 L
 - 1.2 D + /- E + L

- 0.9 D +/- E
- 1.2D + L (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015)
- Aplicación de cargas
 - N+ 2.27 m, A-B-A-2: zona techada, sin acceso

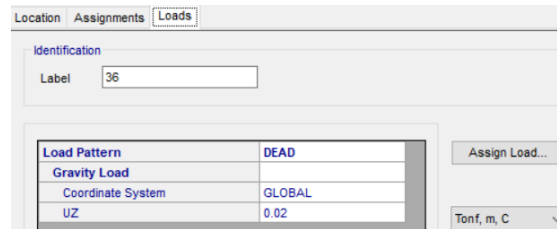


Figura 39. Aplicación de cargas (Proaño G.,2021).

- N+ 2.27 m, A-E-2-6, losa de entrepiso

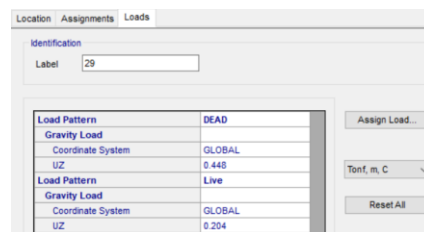


Figura 40. Aplicación de cargas (Proaño G.,2021).

- N+ 4.54 m, A-E-2-6, terraza accesible

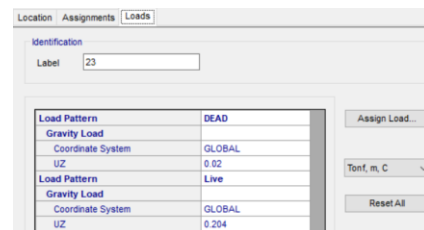


Figura 41. Aplicación de cargas (Proaño G.,2021).

5.1.1.3 GEOMETRÍA

Se ha asignado la siguiente malla de ejes para la estructura, en donde se cuenta con los siguientes elementos:

- Muro estructural; con espesor de 28 centímetros, que abarca el primer piso.
- Columnas de hormigón armado:
 - 20x20 cm: ejes F2, F5 y C6,
 - 106x20 cm: eje A2,
 - 50x20 cm: eje B2,
 - 20x82 cm: eje B3,

- 20x40 cm: ejes A4, B4 y F4,
 - 30x27 cm: ejes A5 y B5,
 - 47x20 cm: ejes A6 y F6
- Vigas: se considerarán vigas banda de 40x15 centímetros para toda la estructura, replicando las dimensiones de la única viga donde se pudo medir.

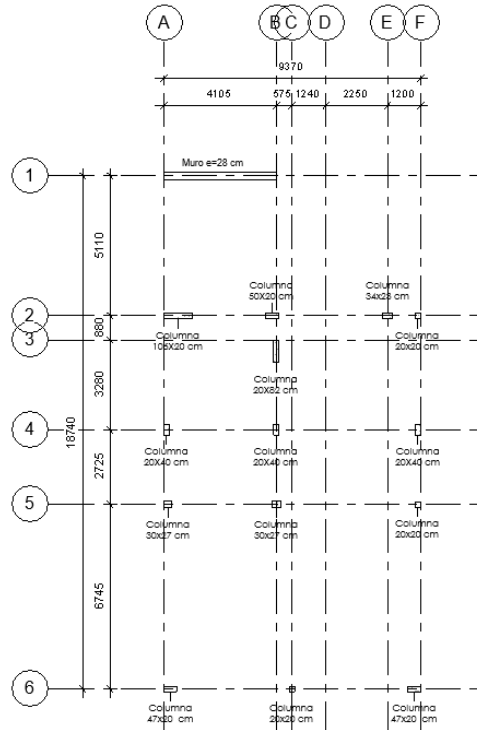


Figura 42. Ubicación de elementos verticales en la primera planta (Proaño G.,2021).

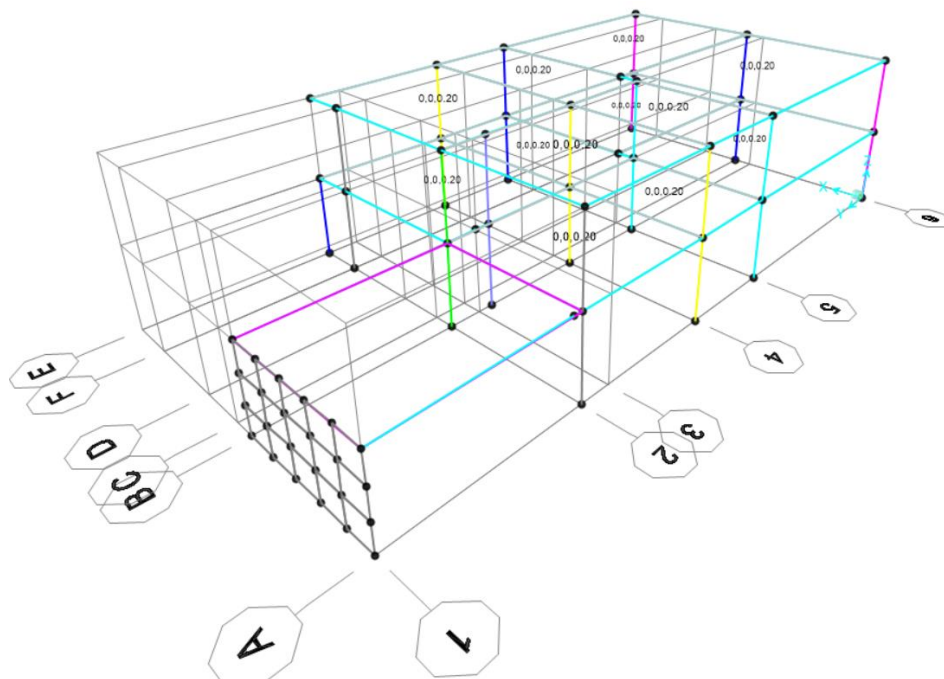


Figura 43. Geometría del modelo (Proaño G.,2021).

5.1.2 ANÁLISIS LINEAL

5.1.2.1 PESO DE LA ESTRUCTURA OBTENIDO EN EL PROGRAMA

Dentro de los datos obtenidos mediante el programa, se utilizará el peso calculado por el mismo para el cálculo del cortante basal, el cual corresponde a la fuerza en el eje Z.

OutputCase	CaseType Text	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf	GlobalFZ Kgf	XCentroidFX	YCentroidFY	ZCentroidFZ
DEAD	LinStatic	2.998E-12	-2.581E-12	119740.87	0	0	0

Figura 44. Peso de la estructura (Proaño G.,2021)).

5.1.2.2 MODOS DE VIBRACIÓN Y PERIODOS

Con el espectro insertado el programa calcula las formas de vibración con sus respectivos periodos, siendo el primero obtenido el utilizado para el cálculo del cortante basal. Es evidenciable la participación de la masa, donde llega a 98% en la dirección X y al 100% en Y.

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless
MODAL	Mode	1	0.204594	0.68	0.03072	5.067E-06	0.68	0.03072
MODAL	Mode	2	0.183227	0.02318	0.96	6.435E-07	0.7	0.99
MODAL	Mode	3	0.10293	3.896E-06	1.627E-05	0.01717	0.7	0.99
MODAL	Mode	4	0.072441	1.354E-07	2.836E-06	0.07546	0.7	0.99
MODAL	Mode	5	0.065209	0.0005302	8.354E-07	0.04359	0.7	0.99
MODAL	Mode	6	0.061909	0.27	8.096E-05	0.0001742	0.98	0.99
MODAL	Mode	7	0.047145	2.306E-08	1.136E-07	0.09837	0.98	0.99
MODAL	Mode	8	0.040699	5.438E-07	1.861E-06	0.07249	0.98	0.99
MODAL	Mode	9	0.033154	3.283E-08	6.55E-07	0.1	0.98	0.99
MODAL	Mode	10	0.02833	3.729E-07	6.969E-07	0.07697	0.98	0.99
MODAL	Mode	11	0.026487	8.76E-08	1.871E-07	0.05572	0.98	0.99
MODAL	Mode	12	0.026252	3.74E-07	0.01078	5.748E-06	0.98	1

Figura 45. Tabla de resultados modales (Proaño G.,2021)

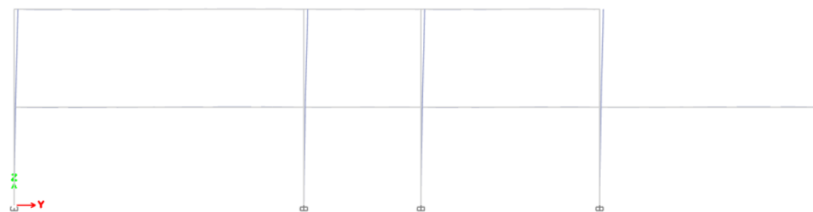


Figura 46. Primer modo de vibración, eje A (Proaño G.,2021).

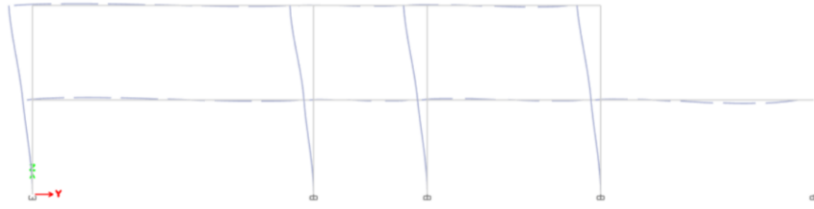


Figura 47. Segundo modo de vibración, eje A (Proaño G., 2021).

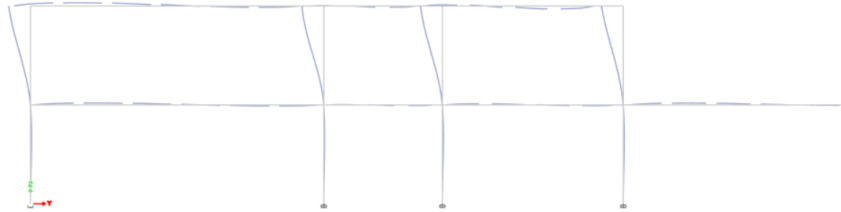


Figura 48. Tercer modo de vibración, eje A (Proaño G., 2021).

5.1.2.3 TORSIÓN

Para descartar o confirmar efectos de torsión se verifica si el centro de masa del diafragma se ha desplazado, se debe definir un diafragma distinto para cada piso.

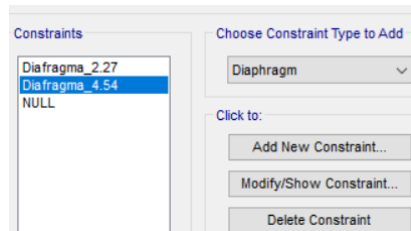


Figura 49. Creación de diafragmas (Proaño G., 2021).

Se pudo verificar que con SX no existe desplazamiento del centro de masa en ambos diafragmas; mientras que con SY existe un desplazamiento para el diafragma 1 y 2 en los sentidos X y Y con valores de -0.000969 y 0.000927 [cm] respectivamente

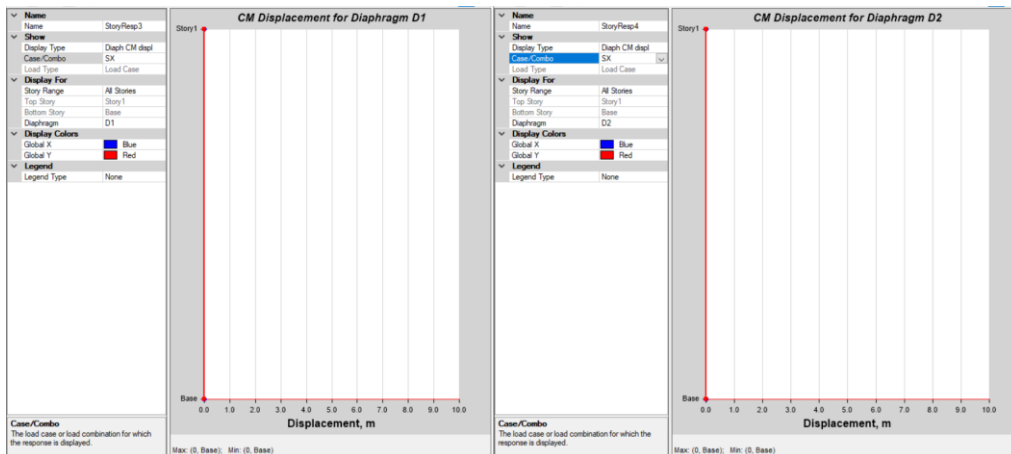


Figura 50. Desplazamiento del centro de masa de los diafragmas con SX (Proaño G., 2021).

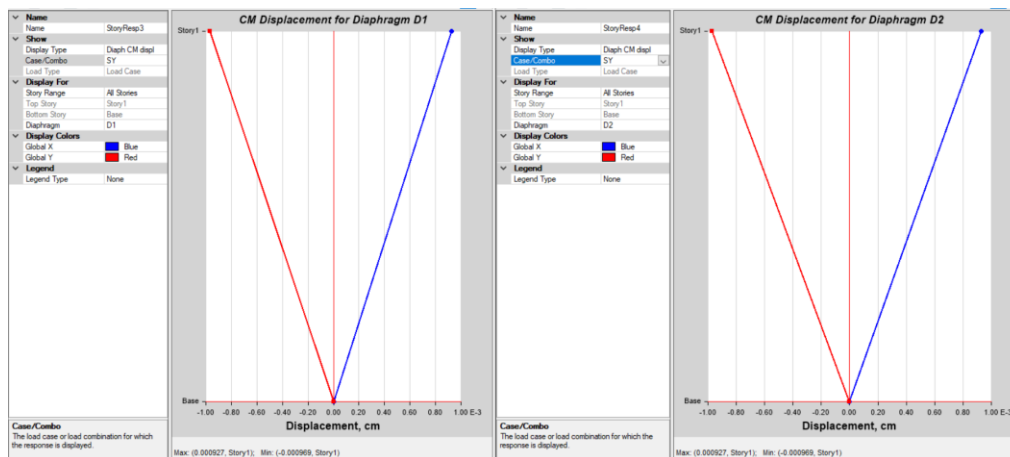


Figura 51. Desplazamiento del centro de masa en los diafragmas con SY (Proaño G., 2021).

5.1.2.4 CORTANTE BASAL

- Cortante basal calculado

Se calculó el cortante basal de acuerdo con la normativa NEC-SE-DS y como se explica en la sección 2.2. Se realizó la reducción de la fuerza basal del 85% al tratarse de una estructura irregular en planta y elevación, con un resultado de 37.39 [T].

Cortante Basal		
T SAP	0.201	
W=CM	119740.87	kg
Coficiente Basal %	0.37	
V	43993.68	kg
Vmin	37394.63	kg
Vmin	37.39	T

Figura 52. Cálculo del cortante basal (Proaño G.,2021).

- Cortante basal del modelo

Se verificó el cortante basal con las cargas aplicadas por el sismo en dirección X y Y en la tabla de reacciones de la base [kgf] comparando cada dirección con el desplazamiento en la misma.

Los valores para las distintas cargas se verificaron analizando su deformada en base a lo explicado en el libro “Análisis sísmico estático de edificio aporticado con Norma Ecuatoriana NEC 2015, SAP2000 V17” (Tisalema, 2016).

OutputCase	CaseType Text	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf
SX	LinStatic	-50250.25	5.653E-11
SY	LinStatic	3.442E-12	-50250.25

Figura 53. Reacciones en la base (Proaño G.,2021).

- Distribución de las fuerzas laterales

Las fuerzas laterales se distribuirán de manera triangular a lo alto de la estructura, dependiendo del periodo de vibración fundamental de esta. Se obtendrá el 100% del constante para la dirección en X y el 30% para la dirección Y.

El cálculo se procederá a realizar como se describe en el apartado 6.3.5 de la NEC-DE-DS, donde:

$$V = \sum_{i=1}^n F_i; V_x = \sum_{i=x}^n F_i; F_x = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} V$$

Figura 54. Distribución lateral de las fuerzas sísmicas verticales (NEC, 2015).

Donde:

- F es la fuerza lateral en el piso i / x de la estructura.
- n es el número de pisos de la estructura.
- w es el peso asignado al piso.

Piso	Altura (m)	Área (m2)	Peso (T)	k	hi^k	Wi*hi^k	Wi*hi^k/Σ	V(T)	Fx (T)	30 % Fy (T)
2	4.54	127.713	37.13	1.000	4.54	168.57	0.429	35.19	15.10	4.5
1	2.27	148.69	98.80	1.000	2.27	224.27	0.571	35.19	20.09	6.0
					Σ	392.84		Σ	35.19	10.6

Figura 55. Cálculo de las fuerzas laterales (Proaño G.,2021)

5.1.2.5 ANÁLISIS ESTÁTICO LINEAL

Para la realización del análisis es necesario el cálculo del peso de la estructura y el coeficiente basal dados por el programa; se utilizará el valor de k está relacionado con el periodo de vibración obtenido.

Valores de T (s)	k
≤ 0.5	1
0.5 < T ≤ 2.5	0.75 + 0.50 T
> 2.5	2

Figura 56. Determinación de k (NEC, 2015).

Análisis Estático Lineal		
EX Diseño y EY Diseño		
Wr	119740.87	Kg
Sa	0.367	g
VS	43993.68	kg
k	1.00	
Wr	119.74	T
Vmin	35.19	T
V SAP	50.25	T
Factor Corrección	1.00	
Coef. Basal 2	0.37	

Figura 57. Análisis estático lineal (Proaño G.,2021).

5.1.2.6 DERIVAS DE PISO

Para el control de la deriva inelástica máxima se utilizó los valores de desplazamiento dados ante el sismo de diseño, utilizando secciones agrietadas: 0.8 en columnas, 0.5 en vigas y 0.6 en muros (NEC, 2015). En el caso del programa utilizado se deberá calcular en base a la diferencia de desplazamientos de las juntas de cada nivel, se identificó cada nodo como [nivel-ejes].

El valor de la deriva máxima se obtiene de la siguiente manera:

$$\Delta_M = \frac{d_i - d_{i-1}}{h \text{ piso}} * 0.75 * R$$

Ecuación 12. Derivas de piso (NEC,2015)

La normativa ecuatoriana permite una deriva máxima para estructuras de hormigón armado de 0.02; en el caso de la estructura estudiada se puede observar que en ninguna dirección del sismo excede este valor.

Joint	OutputCase	UX	UY	ΔX	ΔY	$\Delta TOTAL$	H	Δ	ΔM	NEC15
Text	Text	cm	cm	cm	cm	cm	cm			0.02
0-2A	SX	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
0-2E	SX	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
0-2F	SX	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
0-6A	SX	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
0-6C	SX	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
0-6F	SX	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
1-2A	SX	0.12177	-0.07369	0.12177	-0.07369	0.14233	227.00000	0.00063	0.00141	SI
1-2E	SX	0.12177	0.07699	0.12177	0.07699	0.14406	227.00000	0.00063	0.00143	SI
1-2F	SX	0.12177	0.09912	0.12177	0.09912	0.15701	227.00000	0.00069	0.00156	SI
1-6A	SX	0.37314	-0.07369	0.37314	-0.07369	0.38035	227.00000	0.00168	0.00377	SI
1-6C	SX	0.37314	0.01262	0.37314	0.01262	0.37336	227.00000	0.00164	0.00370	SI
1-6F	SX	0.37314	0.09912	0.37314	0.09912	0.38608	227.00000	0.00170	0.00383	SI
2-2A	SX	0.12177	-0.07369	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI
2-2E	SX	0.12177	0.07699	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI
2-2F	SX	0.12177	0.09912	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI
2-6A	SX	0.37314	-0.07369	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI
2-6C	SX	0.37314	0.01262	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI
2-6F	SX	0.37314	0.09912	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI
0-2A	SY	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
0-2E	SY	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
0-2F	SY	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
0-6A	SY	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
0-6C	SY	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
0-6F	SY	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
1-2A	SY	0.00658	0.28188	0.00658	0.28188	0.28195	227.00000	0.00124	0.00279	SI
1-2E	SY	0.00658	0.31938	0.00658	0.31938	0.31945	227.00000	0.00141	0.00317	SI
1-2F	SY	0.00658	0.32489	0.00658	0.32489	0.32495	227.00000	0.00143	0.00322	SI
1-6A	SY	0.06915	0.28188	0.06915	0.28188	0.29024	227.00000	0.00128	0.00288	SI
1-6C	SY	0.06915	0.30336	0.06915	0.30336	0.31114	227.00000	0.00137	0.00308	SI
1-6F	SY	0.06915	0.32489	0.06915	0.32489	0.33216	227.00000	0.00146	0.00329	SI
2-2A	SY	0.00658	0.28188	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI
2-2E	SY	0.00658	0.31938	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI
2-2F	SY	0.00658	0.32489	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI
2-6A	SY	0.06915	0.28188	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI
2-6C	SY	0.06915	0.30336	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI
2-6F	SY	0.06915	0.32489	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI

Figura 58. Derivas obtenidas método lineal (Proaño G.,2021).

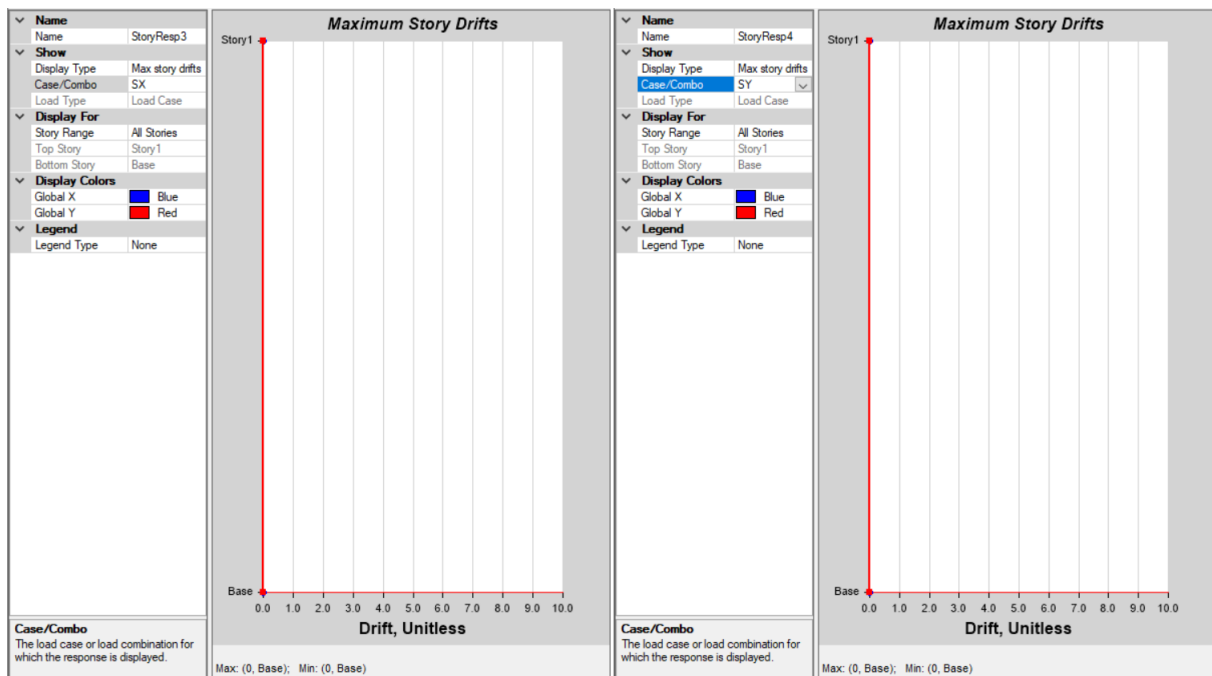


Figura 59. Derivas de piso SX y SY, primera tipología (Proaño G., 2021).

5.1.3 ANÁLISIS MODAL ESPECTRAL

5.1.3.1 COMBINACIONES DE CARGA

Se crea combinaciones dinámicas para el análisis modal espectral de acuerdo con las combinaciones detalladas en la NEC-SE-DS.

1.2D+L+RX
 1.2D+L-RX
 1.2D+L+RY
 1.2D+L-RY
 0.9D+RX
 0.9D-RX
 0.9D+RY
 0.9D-RY

Figura 60. Combinaciones de carga dinámicas (Proaño G.,2021).

En el caso de la carga modal se va a analizar los tres primeros modos de vibración, siendo el primer período el que se va a tomar como el periodo fundamental del modelo, donde el máximo de participación de la masa va a ser del 99% del total, tanto en dirección X como en Y.

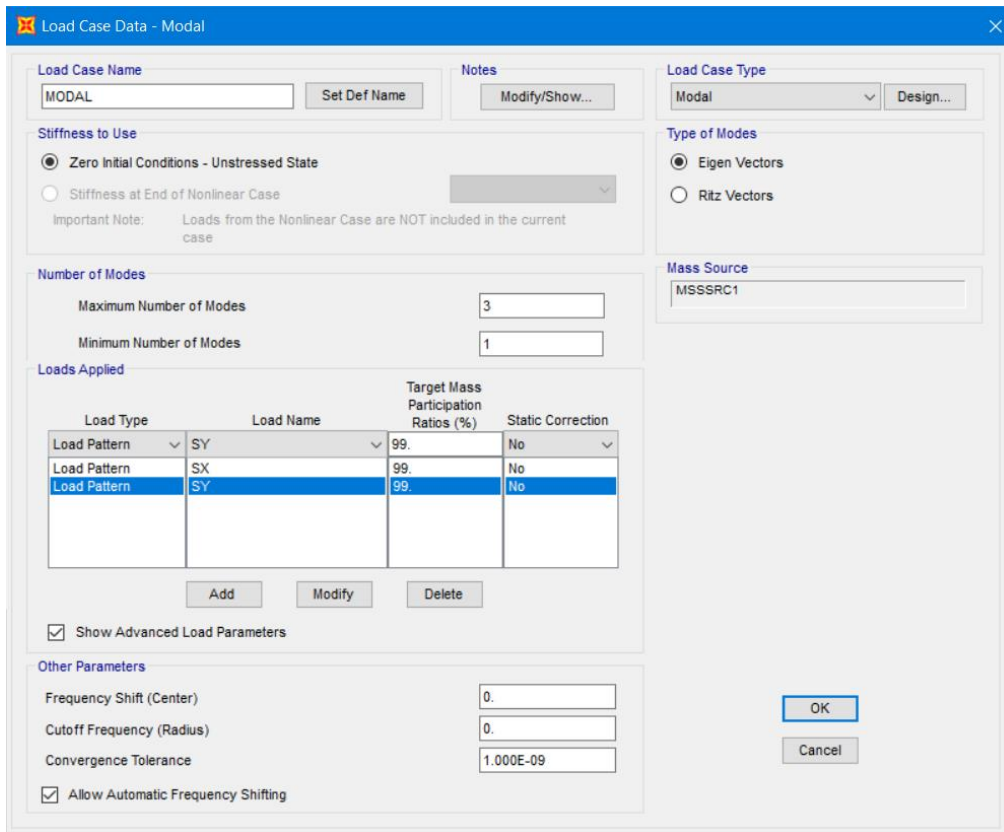


Figura 61. Carga modal (Proaño G.,2021).

Se configuró la carga modal para trabajar con tres modos de vibración y el 99% de la masa participativa en cada dirección, utilizando para el análisis eigen vectores, ya que estos se consideran más apropiados para una respuesta en base a la aceleración horizontal del suelo y los modos de vibración se ven determinados por la participación de la masa.

5.1.3.2 CORTANTE

Para obtener el cortante en esta tipología se realizó dos iteraciones y de este modo poder igualar el cortante estático al cortante dinámico.

OutputCase	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX Tonf	GlobalFY Tonf
RX	LinRespSpec	Max	35.2045	10.3287
RY	LinRespSpec	Max	7.688	35.2284

Figura 62. Cortante dinámico, primera tipología (Proaño G., 2021).

EX Diseño -RS_X			EY Diseño -RS_Y		
V Estatico- V Dinamico			V Estatico- V Dinamico		
V Estatico	35.2	T	V Estatico	35.2	T
V Dinamico	13.11	T	V Dinamico	17.63	T
Analisis Dinamico			Analisis Dinamico		
Vdin X1	13.11	2.685	Vdin Y1	17.63	1.997
Vdin X2	9.78	3.599	Vdin Y2	9.77	3.603
F. Escala		9.664	F. Escala		7.193
Se Iguala Vestatico - Vdinamico			Se Iguala V estatico- Vdinamico		
Vdinam X	35.2	OK	Vdinam Y	35	OK

Figura 63. Corrección del cortante dinámico (Proaño G., 2021).

5.1.3.3 MODOS DE VIBRACIÓN Y PERÍODOS

Para los tres periodos analizados se encontró que en X se llegó al 73% de la masa y en y al 98%, existiendo efectos de torsión en el tercer modo de vibración.

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless
MODAL	Mode	1	0.194852	0.71	0.03763	3.885E-06	0.71	0.03763	3.885E-06
MODAL	Mode	2	0.158694	0.02871	0.95	2.727E-06	0.73	0.99	6.612E-06
MODAL	Mode	3	0.105407	4.888E-05	2.82E-05	0.01712	0.73	0.99	0.01713

Figura 64. Modos de vibración análisis modal espectral (Proaño G.,2021).

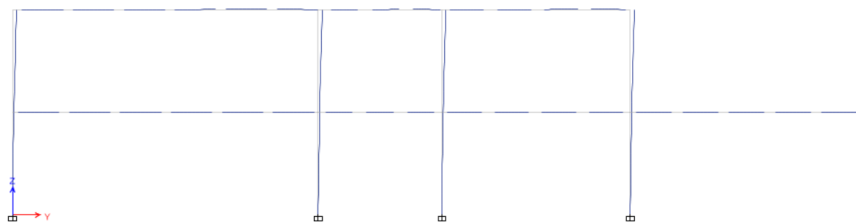


Figura 65. Primer modo de vibración, eje A (Proaño G., 2021).

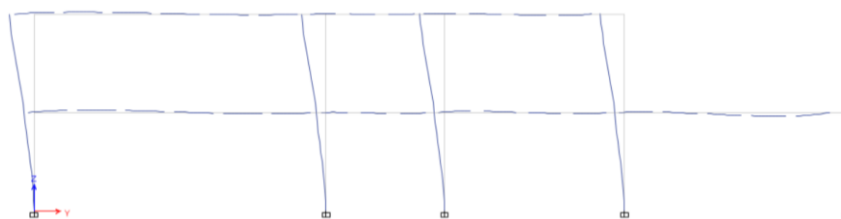


Figura 66. Segundo modo de vibración, eje A (Proaño G., 2021).

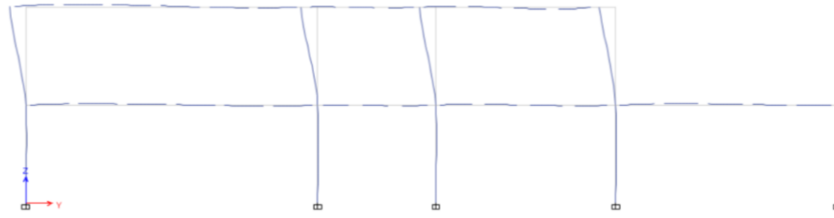


Figura 67. Tercer modo de vibración, eje A (Proaño G., 2021).

5.1.3.4 DERIVAS DE PISO

Se obtuvo los desplazamientos con RX y RY, pudiendo comprobar que se cumple con las derivas indicadas en la NEC.

Joint	OutputCase	UX	UY	ΔX	ΔY	Δ TOTAL	H	Δ	ΔM	NEC15
Text	Text	cm	cm	cm	cm	cm	cm			0.02
0-2A	RX	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
0-2E	RX	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
0-2F	RX	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
0-6A	RX	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
0-6C	RX	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
0-6F	RX	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
1-2A	RX	0.11403	0.06501	0.11403	0.06501	0.13126	227.00000	0.00058	0.00130	SI
1-2E	RX	0.11403	0.14065	0.11403	0.14065	0.18106	227.00000	0.00080	0.00179	SI
1-2F	RX	0.11403	0.16730	0.11403	0.16730	0.20247	227.00000	0.00089	0.00201	SI
1-6A	RX	0.42687	0.06501	0.42687	0.06501	0.43179	227.00000	0.00190	0.00428	SI
1-6C	RX	0.42687	0.06733	0.42687	0.06733	0.43214	227.00000	0.00190	0.00428	SI
1-6F	RX	0.42687	0.16730	0.42687	0.16730	0.45848	227.00000	0.00202	0.00454	SI
2-2A	RX	0.11403	0.06501	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI
2-2E	RX	0.11403	0.14065	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI
2-2F	RX	0.11403	0.16730	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI
2-6A	RX	0.42687	0.06501	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI
2-6C	RX	0.42687	0.06733	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI
2-6F	RX	0.42687	0.16730	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI
0-2A	RY	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
0-2E	RY	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
0-2F	RY	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
0-6A	RY	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
0-6C	RY	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
0-6F	RY	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	-
1-2A	RY	0.02150	0.17288	0.02150	0.17288	0.17421	227.00000	0.00077	0.00173	SI
1-2E	RY	0.02150	0.15969	0.02150	0.15969	0.16113	227.00000	0.00071	0.00160	SI
1-2F	RY	0.02150	0.15830	0.02150	0.15830	0.15976	227.00000	0.00070	0.00158	SI
1-6A	RY	0.07959	0.17288	0.07959	0.17288	0.19032	227.00000	0.00084	0.00189	SI
1-6C	RY	0.07959	0.16455	0.07959	0.16455	0.18279	227.00000	0.00081	0.00181	SI
1-6F	RY	0.07959	0.15830	0.07959	0.15830	0.17719	227.00000	0.00078	0.00176	SI
2-2A	RY	0.02150	0.17288	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI
2-2E	RY	0.02150	0.15969	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI
2-2F	RY	0.02150	0.15830	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI
2-6A	RY	0.07959	0.17288	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI
2-6C	RY	0.07959	0.16455	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI
2-6F	RY	0.07959	0.15830	0.00000	0.00000	0.00000	227.00000	0.00000	0.00000	SI

Figura 68. Derivas obtenidas, método modal-espectral (Proaño G.,2021).

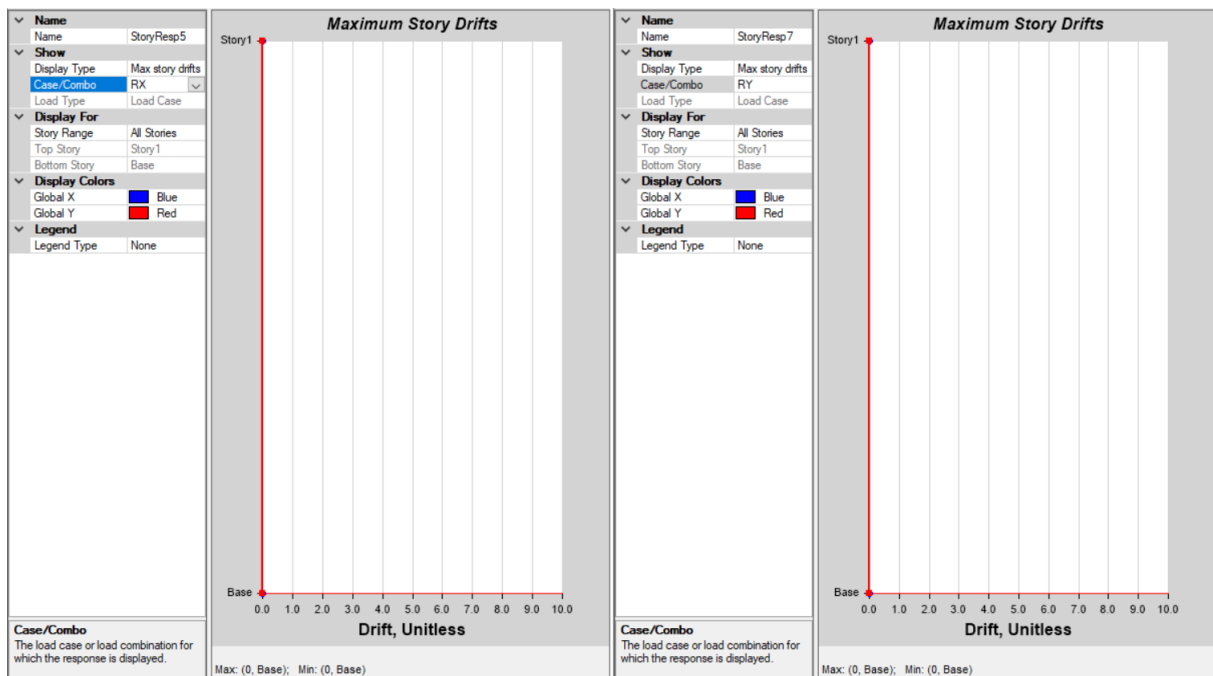


Figura 69. Derivas de piso RX y RY, primera tipología (Proaño G., 2021).

5.1.3.5 TORSIÓN

Fue apreciable la existencia de torsión al conocer los desplazamientos del centro de masa de los diafragmas definidos con anterioridad; siendo el desplazamiento en RX de 2.05 [cm], pudiendo considerar que esta no afecta en gran medida a la estructura.

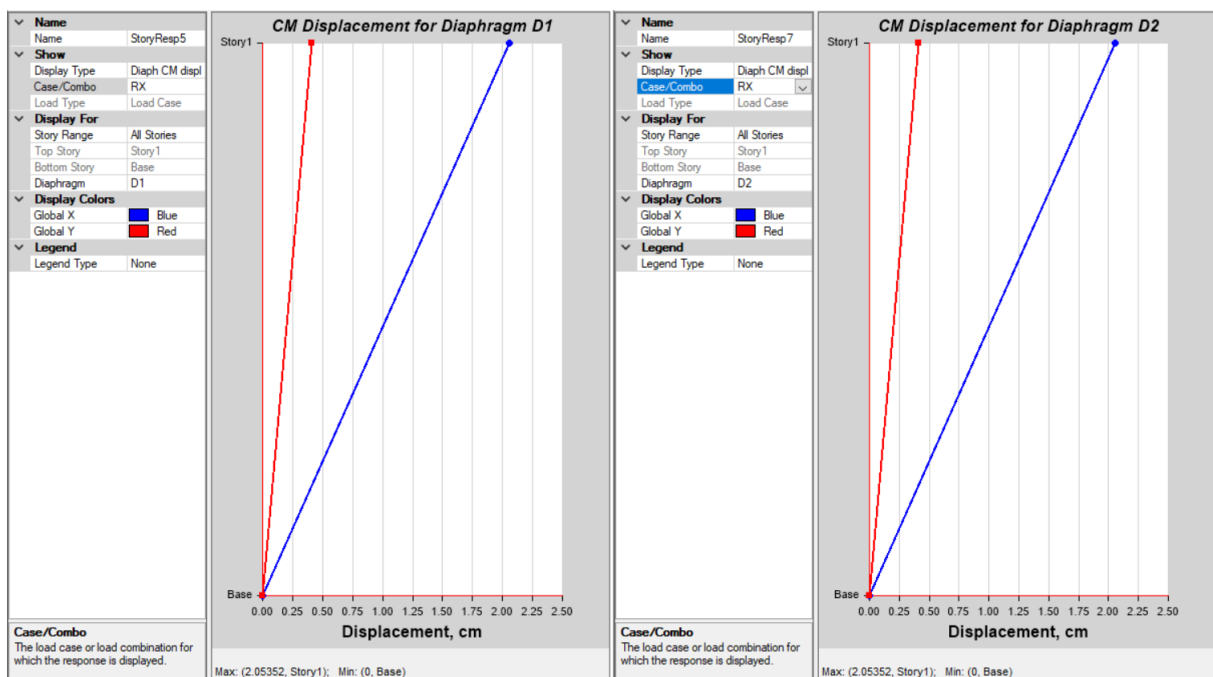


Figura 70. Desplazamiento del centro de masa de los diafragmas con RX (Proaño G., 2021).

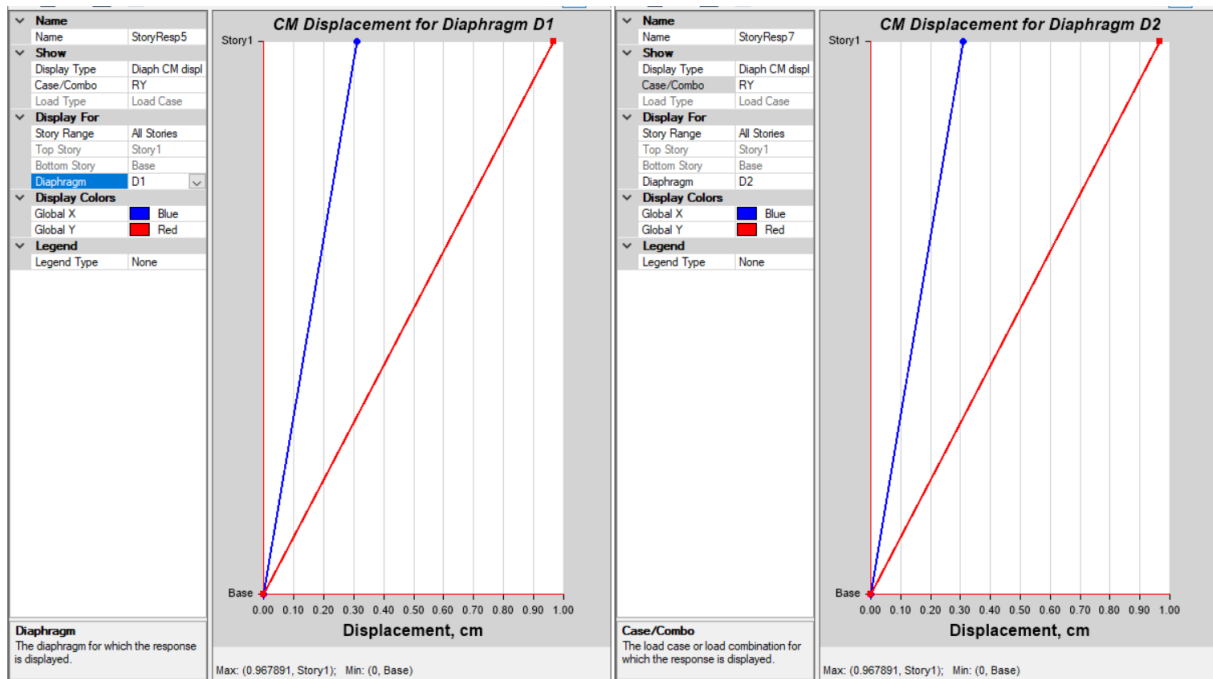


Figura 71. Desplazamiento del centro de masa de los diafragmas con RY (Proaño G., 2021).

5.2 TIPOLOGÍA 2

TIPOLOGÍA 2	
Tipo de uso	Industrial
Número de pisos	Un piso, doble altura.
Tipología del sistema estructural	S1, pórtico de acero laminado.
Irregularidad vertical	No existe = 1
Irregularidad en planta	No existe = 1
Código de la construcción	Código moderno
Tipo de suelo	D

Figura 72. Tipología 2 (Proaño G.,2021).

5.2.1 MODELO MATEMÁTICO

5.2.1.1 MATERIALES

- Acero ASTM A36
 - Se utilizó las características brindadas en el programa

General Data	
Material Name and Display Color	A36 ■
Material Type	Steel
Material Grade	Grade 36
Material Notes	<input type="button" value="Modify/Show Notes..."/>
Weight and Mass	
Weight per Unit Volume	<input type="text" value="7.849"/>
Mass per Unit Volume	<input type="text" value="0.8004"/>
Units <input type="button" value="Tonf, m, C"/>	
Isotropic Property Data	
Modulus Of Elasticity, E	<input type="text" value="20389019"/>
Poisson, U	<input type="text" value="0.3"/>
Coefficient Of Thermal Expansion, A	<input type="text" value="1.170E-05"/>
Shear Modulus, G	<input type="text" value="7841930"/>
Other Properties For Steel Materials	
Minimum Yield Stress, Fy	<input type="text" value="25310.507"/>
Minimum Tensile Stress, Fu	<input type="text" value="40778.04"/>
Expected Yield Stress, Fye	<input type="text" value="37965.76"/>
Expected Tensile Stress, Fue	<input type="text" value="44855.84"/>

Figura 73. Acero A36 (Proaño G.,2021).

- Mampostería

Al desconocer los datos de la mampostería, se resolvió utilizar la resistencia de un catálogo comercial (Disensa) y calcular los parámetros restantes con la NEC-SE-MP referente a mampostería estructural.

- Bloque de 39x19x19
- Peso 12 kN/m³
- Resistencia 4 MPa (Disensa, s.f).
- Unidades/m² = 12.5 (Disensa, s.f).
- E = (NEC, 2015)

$$Em = 900f'm \leq 20000[MPa] = 3600[MPa] = 36709.78kg/cm^2$$

- G_m = (NEC, 2015)

$$G_m = 0.4 Em = 0.4 * 3600[MPa]$$

- Cubierta metálica de aluminio, características del programa.

5.2.1.2 CARGAS

- Carga muerta y viva

Según la NEC (2015) para cubiertas se asumirá una carga muerta de 10 kg/m² y carga viva de 70 kg/m².

- Carga de viento

Se utilizará la carga mínima recomendado en la norma, solo en vigas, ya que las construcciones aledañas son más altas que el galpón, se debe recordar la dirección de la carga en barlovento o sotavento .

Densidad del viento	1.25	kg/m ³			
Velocidad del viento	21	m/s			
Factor de corrección	0.8	NEC 3.2.4.b			
Vb	16.8	m/s			
Ce	0.05	ASCE 7-16 26.10-1	Carga de Viento		
Cf barlovento	0.3	NEC 3.2.4.d	Barlovento 1	0.55	kg/m
Cf sotavento	-0.6	NEC 3.2.4.d	Sotavento 1	-1.10	kg/m
P barlovento	2.70	N/m ²	Barlovento 2	0.97	kg/m
	0.28	kg/m ²	Sotavento 2	-1.93	kg/m
P sotavento	-5.40	N/m ²	Barlovento 3	1.10	kg/m
	-0.55	kg/m ²	Sotavento 3	-2.13	kg/m

Figura 74. Cálculo de cargas de viento (Proaño G.,2021).

- Carga de granizo

Para este parámetro se utilizó el valor mínimo propuesto 50.98 kg/m² para pendientes menores al 15%.

- Carga sísmica

Se utilizó las características de suelo descritas anteriormente y utilizando las NEC-SE-DS.

DATOS					
H edificio	6	m			
Región			Sierra		
Ciudad			Quito		
Tipo de suelo			D		
Zona sísmica			V		
Peligro sísmico			Alto		
Factor Z			0.40		
Fa	NEC 3.2.2	0.9			
Fd	NEC 3.2.2	0.775			
Fs	NEC 3.2.2	0.915			
η	NEC 3.3.1	2.48			
r	NEC 3.3.1	1			
Importancia I	NEC 4.1	1.3			
Elevación ϕ_e	NEC 5.2.1.	1			
Planta ϕ_i	NEC 5.2.1.	1			
Coeficiente Ct	NEC 6.3.3	0.072			
Coeficiente α	NEC 6.3.3	0.8			
Factor R	NEC 6.3.4	2.5			
			Periodos de Vibración		
			Periodo límite Tc	NEC 3.3.1	0.433
			Periodo límite Tl	NEC 3.3.1	1.860
			Periodo límite To	NEC 3.3.1	0.079
			Periodo Fundamental T	NEC 6.3.3	0.302

Figura 75. Carga sísmica aplicada (Proaño G.,2021).

- Combinación de cargas
 - 1.4 D
 - 1.2 D + 1.6 L + 0.5 S
 - 1.2 D + W + L + 0.5 S
 - 1.2 D +/- E + L + 0.5 S
 - 0.9 D +/- E
 - 0.9 D +/- W

(Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015)

- Aplicación de cargas

Load Pattern	DEAD
Gravity Load	
Coordinate System	GLOBAL
UZ	10.
Load Pattern	LIVE
Gravity Load	
Coordinate System	GLOBAL
UZ	70.
Load Pattern	GRANIZO
Gravity Load	
Coordinate System	GLOBAL
UZ	50.98

Figura 76. Aplicación de cargas muerta, viva y granizo (Proaño G.,2021).

Load Pattern	WIND
Distributed Force	
Coordinate System	Local
Load Direction	2
Start Force/Length	-0.55 at 0.
End Force/Length	-0.55 at 6.2018

Figura 77. Aplicación carga de viento a barlovento (Proaño G.,2021).

Load Pattern	WIND
Distributed Force	
Coordinate System	Local
Load Direction	2
Start Force/Length	1.1 at 0.
End Force/Length	1.1 at 6.2018

Figura 78. Aplicación carga de viento a sotavento (Proaño G.,2021).

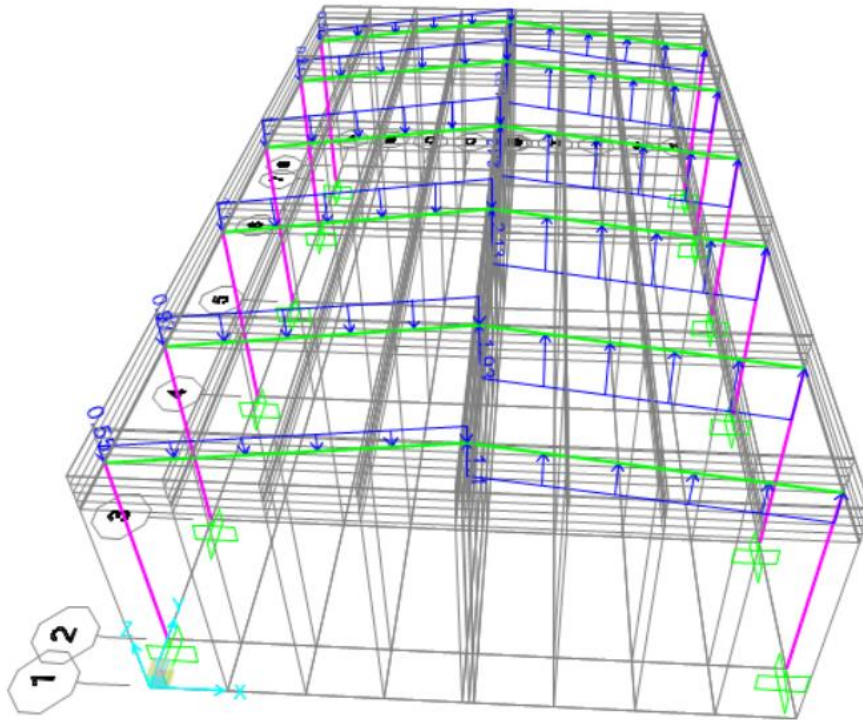


Figura 79. Cargas de viento aplicadas (fuente propia).

5.2.1.3 GEOMETRÍA

Se ha asignado a el modelo se la estructura los elementos y ejes detallados a continuación:

- Vigas tipo tubo estructural rectangular 50x150x3 mm.
- Viguetas tipo G80x40x15x3 mm.
- Columnas tipo rectangulares de 25x20x1.2 cm.
- Cubierta tipo estilpanel, espesor = 0.06 mm.
- Muros de mampostería de bloque alivianado, espesor = 20 cm.

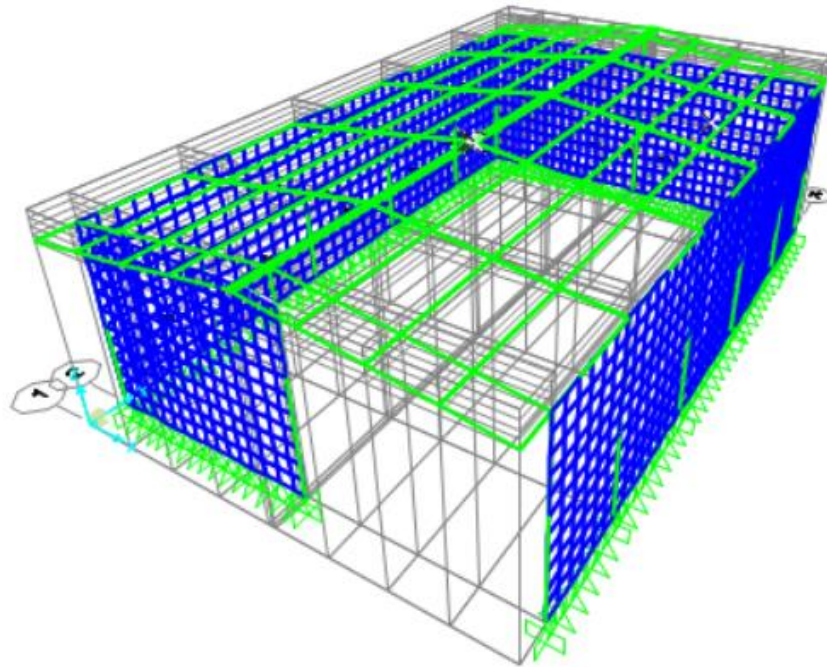


Figura 80. Modelo tipología 2 (Proaño G.,2021).

5.2.2 ANÁLISIS LINEAL

5.2.2.1 PESO DE LA ESTRUCTURA OBTENIDA EN EL PROGRAMA

Se obtiene mediante la fuerza aplicada en el eje Z, el cual corresponde al peso calculado por el programa.

	OutputCase	CaseType Text	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf	GlobalFZ Kgf	XCentroidFX	YCentroidFY	ZCentroidFZ
▶	DEAD	LinStatic	-4.57E-08	-2.032E-09	36924.96	0	0	0

Figura 81. Peso de la estructura (Proaño G., 2021).

5.2.2.2 MODOS DE VIBRACIÓN Y PERIODOS

Al modelar la estructura junto con la mampostería encontramos que esta ayuda a rigidizarla teniendo periodos mayores a 0.79 segundos.

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless
MODAL	Mode	1	0.96318	3.917E-06	2.413E-05	0.001281	3.917E-06	2.413E-05
MODAL	Mode	2	0.951476	2.428E-05	1.102E-09	0.0002175	2.82E-05	2.413E-05
MODAL	Mode	3	0.950983	0.0002907	4.089E-09	6.962E-05	0.0003189	2.414E-05
MODAL	Mode	4	0.945016	4.499E-06	6.764E-07	0.011	0.0003234	2.482E-05
MODAL	Mode	5	0.841507	3.721E-07	5.26E-06	3.074E-06	0.0003238	3.008E-05
MODAL	Mode	6	0.839011	5.046E-08	6.769E-07	1.07E-05	0.0003238	3.075E-05
MODAL	Mode	7	0.835595	1.92E-06	5.083E-09	4.345E-08	0.0003258	3.076E-05
MODAL	Mode	8	0.835086	5.033E-10	1.503E-09	1.411E-09	0.0003258	3.076E-05
MODAL	Mode	9	0.799227	6.904E-10	1.801E-08	0.0002158	0.0003258	3.078E-05
MODAL	Mode	10	0.799054	2.116E-07	1.483E-07	8.319E-06	0.000326	3.092E-05
MODAL	Mode	11	0.79901	3.359E-06	3.245E-09	1.707E-06	0.0003293	3.093E-05
MODAL	Mode	12	0.798816	7.581E-11	4.243E-10	7.769E-08	0.0003293	3.093E-05

Figura 82. Tabla de resultados modales (Proaño G., 2021).

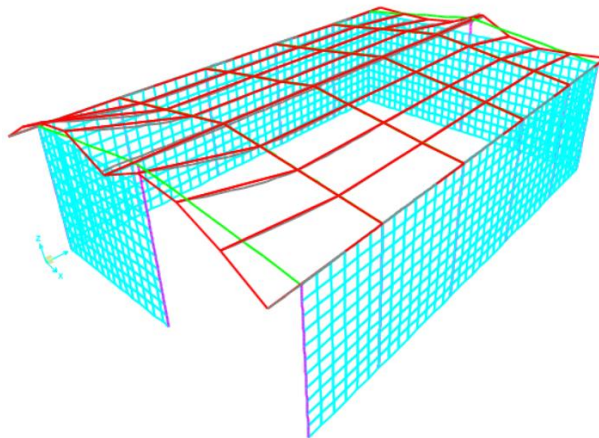


Figura 83. Primer modo de vibración (Proaño G., 2021).

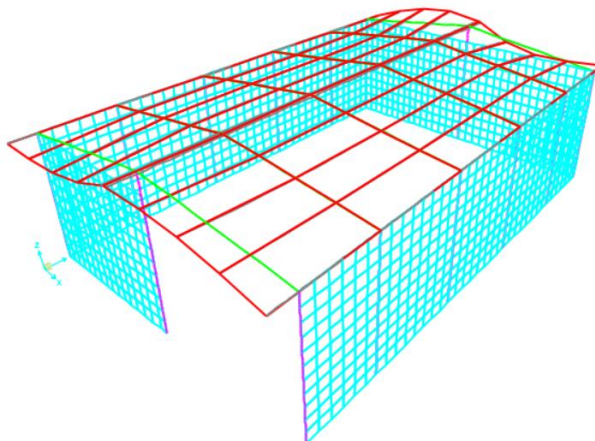


Figura 84. Segundo modo de vibración (Proaño G., 2021).

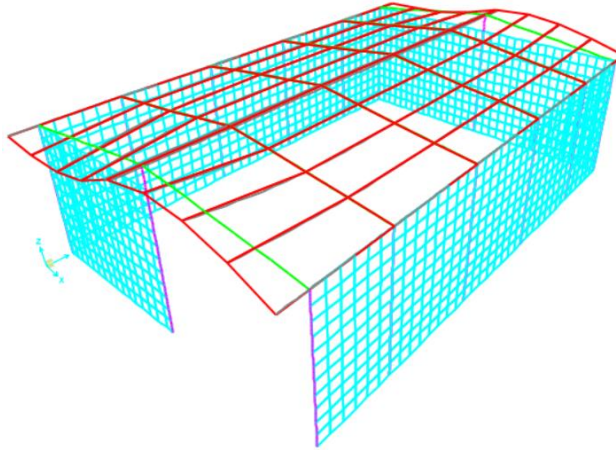


Figura 85. Tercer modo de vibración (Proaño G., 2021).

5.2.2.3 CORTANTE BASAL

- Cortante basal calculado

Se realizará el mismo proceso utilizado en la tipología 1, en este caso se utilizará una reducción de 80% del cortante basal.

Cortante Basal		
T SAP	0.96	
W=CM	36924.96	kg
Coficiente Basal %	0.22	
V	8254.26	kg
Vmin	6603.41	kg
Vmin	6.60	T

Figura 86. Cortante basal calculado (Proaño G., 2021).

- Cortante basal del modelo

Para la estructura estudiada, el cortante basan en el sentido X, es mucho mayor que en Y, pudiendo explicarse por la rigidez de la estructura y al ser de planta rectangular, presentando el lado corto un mayor cortante.

OutputCase	CaseType Text	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf
SX	LinStatic	-14883.19	1.084E-10
SY	LinStatic	-14883.19	1.084E-10

Figura 87. Reacciones en la base, tipología 2 (Proaño G., 2021).

5.2.2.4 ANALISIS ESTATICO LINEAL

Para esta tipología, al no realizarse la corrección del diseño para igualar los cortantes estáticos, se trabajó con la reacción en la base de SX, ya que se consideró que en SY el valor es tan bajo que no se tomó en consideración.

Análisis Estático Lineal		
Wr	36924.96	Kg
Sa	0.21	g
VS	7819.82	kg
k	1.23	
Wr	36.92	T
Vmin	6.26	T
V SAP	14.88	T
Factor Corrección	1.00	
Coef. Basal 2	0.90	

Figura 88. Análisis estático, tipología 2 (Proaño G., 2021).

5.2.2.5 DERIVAS DE PISO

Se utilizó la ecuación 11 para calcular las derivas, representado como la deformación de los extremos de un mismo elemento vertical identificando cada junta como [nivel-ejes] para el sismo en dirección X y Y.

Joint	OutputCase	UX	UY	ΔX	ΔY	Δ TOTAL	H	Δ	ΔM	NEC15
Text	Text	cm	cm	cm	cm	cm	cm			0.02
0-A2	SX	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	-	-	-
0-A7	SX	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	-	-	-
0-F2	SX	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	-	-	-
0-F7	SX	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	-	-	-
0-K2	SX	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	-	-	-
0-K7	SX	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	-	-	-
1-A2	SX	0.01728	0.00150	0.01728	0.00150	0.01734	500	0.00003	0.00007	SI
1-A7	SX	0.01106	-0.00120	0.01106	-0.00120	0.01113	500	0.00002	0.00004	SI
1-F2	SX	0.01588	-0.12464	0.01588	-0.12464	0.12564	500	0.00025	0.00047	SI
1-F7	SX	0.00663	-0.01233	0.00663	-0.01233	0.01400	500	0.00003	0.00005	SI
1-K2	SX	0.06496	-0.00001	0.06496	-0.00001	0.06496	500	0.00013	0.00024	SI
1-K7	SX	0.01102	0.00129	0.01102	0.00129	0.01102	500	0.00002	0.00004	SI
0-A2	SY	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	-	-	-
0-A7	SY	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	-	-	-
0-F2	SY	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	-	-	-
0-F7	SY	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	-	-	-
0-K2	SY	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	-	-	-
0-K7	SY	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0	-	-	-
1-A2	SY	0.01728	0.00150	0.01728	0.00150	0.01734	500	0.00003	0.00007	SI
1-A7	SY	0.01106	-0.00120	0.01106	-0.00120	0.01113	500	0.00002	0.00004	SI
1-F2	SY	0.01588	-0.12464	0.01588	-0.12464	0.12564	500	0.00025	0.00047	SI
1-F7	SY	0.00663	-0.01233	0.00663	-0.01233	0.01400	500	0.00003	0.00005	SI
1-K2	SY	0.06496	-0.00001	0.06496	-0.00001	0.06496	500	0.00013	0.00024	SI
1-K7	SY	0.01102	0.00129	0.01102	0.00129	0.01109	500	0.00002	0.00004	SI

Figura 89. Derivas de piso, tipología 2, método lineal (Proaño G., 2021).

5.2.3 ANÁLISIS MODAL ESPECTRAL

Se va a agregar las combinaciones de carga como indica en la figura 54 y a configurar la carga modal como está dispuesto para el primer modelo.

5.2.3.1 MODOS DE VIBRACION Y PERIODOS

Dentro de los primeros tres modos de vibración se aprecia que no se obtiene el 99% de la masa participante, como se configuró en la carga modal, pudiendo esta obtenerse al estudiar más periodos.

No existe deformación en columnas o albañilería, las fuerzas de sismo afectan a la zona de la cubierta, dando como resultado la separación de unos pocos nodos.

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless
MODAL	Mode	1	0.96318	3.917E-06	2.4E-05	0.001281	3.917E-06	2.4E-05	0.001281
MODAL	Mode	2	0.951476	2.4E-05	1.102E-09	0.000218	2.8E-05	2.4E-05	0.001498
MODAL	Mode	3	0.950983	0.000291	4.089E-09	7E-05	0.000319	2.4E-05	0.001568

Figura 90. Modos de vibración de la tipología 2 en el análisis modal espectral (Proaño G., 2021).

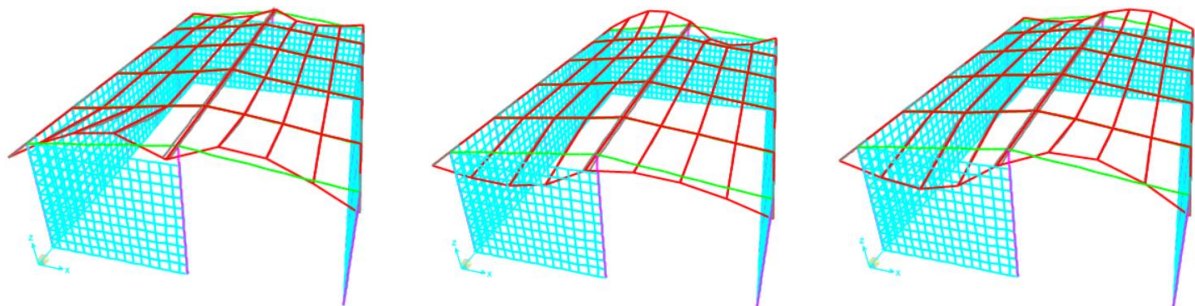


Figura 91. Modos de vibración tipología 2 (Proaño G., 2021).

5.2.3.2 CORTANTES

En este caso, al contar con valores de cortantes bajos, para poder igualar con el estático se obtiene factores de corrección elevados, por lo que se considera que la estructura debe ser rediseñada.

OutputCase	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX Tonf	GlobalFY Tonf	GlobalFZ Tonf	XCentroidFX	YCentroidFY	ZCentroidFZ
RX	LinRespSpec	Max	0.0011	3.614E-05	0.000504	0	0	0
RY	LinRespSpec	Max	3.614E-05	8.193E-05	0.0005966	0	0	0

Figura 92. Reacciones en la base, análisis modal espectral, tipología 2 (Proaño G., 2021).

5.2.3.3 DERIVAS DE PISO

Las derivas obtenidas cumplen con lo establecido en la NED-SD-DS, ratificando la rigidez de la estructura.

Joint	OutputCase	UX	UY	ΔX	ΔY	Δ TOTAL	H	Δ	ΔM	NEC15
Text	Text	cm	cm	cm	cm	cm	cm			0.02
0-A2	RX	0	0	0	0	0	0	-	-	-
0-A3	RX	0	0	0	0	0	0	-	-	-
0-A4	RX	0	0	0	0	0	0	-	-	-
0-A5	RX	0	0	0	0	0	0	-	-	-
0-A6	RX	0	0	0	0	0	0	-	-	-
0-A7	RX	0	0	0	0	0	0	-	-	-
0-K2	RX	0	0	0	0	0	0	-	-	-
0-K3	RX	0	0	0	0	0	0	-	-	-
0-K4	RX	0	0	0	0	0	0	-	-	-
0-K5	RX	0	0	0	0	0	0	-	-	-
0-K6	RX	0	0	0	0	0	0	-	-	-
0-K7	RX	0	0	0	0	0	0	-	-	-
1-A2	RX	0.033486	0.00426	0.033486	0.00426	0.033755885	500	6.7512E-05	0.00012658	SI
1-A3	RX	1.626772	0.004111	1.626772	0.004111	1.626777194	500	0.00325355	0.00610041	SI
1-A4	RX	1.719651	0.001491	1.719651	0.001491	1.719651646	500	0.0034393	0.00644869	SI
1-A5	RX	1.6641	-0.001511	1.6641	-0.001511	1.664100686	500	0.0033282	0.00624038	SI
1-A6	RX	1.470826	-0.003573	1.470826	-0.003573	1.47083034	500	0.00294166	0.00551561	SI
1-A7	RX	0.021489	-0.003398	0.021489	-0.003398	0.021756	500	4.3512E-05	8.1585E-05	SI
1-K2	RX	0.000002638	2.468E-09	0.000002638	2.468E-09	2.638E-06	500	5.276E-09	9.8925E-09	SI
1-K3	RX	0.000004804	3.341E-09	0.000004804	3.341E-09	4.804E-06	500	9.608E-09	1.8015E-08	SI
1-K4	RX	0.000004666	1.568E-09	0.000004666	1.568E-09	4.666E-06	500	9.332E-09	1.7498E-08	SI
1-K5	RX	0.000004312	3.629E-09	0.000004312	3.629E-09	4.312E-06	500	8.624E-09	1.617E-08	SI
1-K6	RX	0.000003645	8.491E-09	0.000003645	8.491E-09	3.64501E-06	500	7.29E-09	1.3669E-08	SI
1-K7	RX	5.44E-08	8.275E-09	5.44E-08	8.275E-09	5.50258E-08	500	1.1005E-10	2.0635E-10	SI
0-A2	RY	0	0	0	0	0	0	-	-	-
0-A3	RY	0	0	0	0	0	0	-	-	-
0-A4	RY	0	0	0	0	0	0	-	-	-
0-A5	RY	0	0	0	0	0	0	-	-	-
0-A6	RY	0	0	0	0	0	0	-	-	-
0-A7	RY	0	0	0	0	0	0	-	-	-
0-K2	RY	0	0	0	0	0	0	-	-	-
0-K3	RY	0	0	0	0	0	0	-	-	-
0-K4	RY	0	0	0	0	0	0	-	-	-
0-K5	RY	0	0	0	0	0	0	-	-	-
0-K6	RY	0	0	0	0	0	0	-	-	-
0-K7	RY	0	0	0	0	0	0	-	-	-
1-A2	RY	2.949E-09	2.664E-09	2.949E-09	2.664E-09	3.9741E-09	500	7.9482E-12	1.4903E-11	SI
1-A3	RY	1.393E-07	2.178E-09	1.393E-07	2.178E-09	1.39317E-07	500	2.7863E-10	5.2244E-10	SI
1-A4	RY	0.000000147	1.832E-09	0.000000147	1.832E-09	1.47011E-07	500	2.9402E-10	5.5129E-10	SI
1-A5	RY	1.426E-07	1.825E-09	1.426E-07	1.825E-09	1.42612E-07	500	2.8522E-10	5.3479E-10	SI
1-A6	RY	1.274E-07	2.162E-09	1.274E-07	2.162E-09	1.27418E-07	500	2.5484E-10	4.7782E-10	SI
1-A7	RY	1.89E-09	2.647E-09	1.89E-09	2.647E-09	3.25249E-09	500	6.505E-12	1.2197E-11	SI
1-K2	RY	8.896E-08	1.661E-09	8.896E-08	1.661E-09	8.89755E-08	500	1.7795E-10	3.3366E-10	SI
1-K3	RY	0.000000162	1.564E-09	0.000000162	1.564E-09	1.62008E-07	500	3.2402E-10	6.0753E-10	SI
1-K4	RY	1.574E-07	1.538E-09	1.574E-07	1.538E-09	1.57408E-07	500	3.1482E-10	5.9028E-10	SI
1-K5	RY	1.454E-07	1.701E-09	1.454E-07	1.701E-09	1.4541E-07	500	2.9082E-10	5.4529E-10	SI
1-K6	RY	0.000000123	2.115E-09	0.000000123	2.115E-09	1.23018E-07	500	2.4604E-10	4.6132E-10	SI
1-K7	RY	1.873E-09	2.607E-09	1.873E-09	2.607E-09	3.21007E-09	500	6.4201E-12	1.2038E-11	SI

Figura 93. Derivas de piso, tipología 2, método modal espectral (Proaño G., 2021).

6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 FORMULARIOS DE EVALUACIÓN RÁPIDA

Dentro de los 51 formularios levantados es visible la falta de apoyo de los pobladores, siendo el principal motivo el desconocimiento sobre el tema, la confianza en la solidez de la estructura, la inseguridad que se ve hoy en día y el miedo hacia el virus del SARS-COVID en sus múltiples cepas; es por ese motivo que se usó las diferentes herramientas tecnológicas que se disponían para continuar con la evaluación, pudiendo completar todas las fichas, dentro del levantamiento de información pueden existir errores de apreciación sobre el criterio del evaluador.

Las características más comunes encontradas es una estructura del tipo residencial construida entre 1977 y 2001, de 3 u 2 pisos, con irregularidad en planta y pórticos de hormigón armado; dejando como la menos común a una estructura de acero que presente irregularidad vertical construida después de 2015 de tipo comercial exclusivamente.

6.2 TIPOLOGÍA 1

Siendo la tipología 1 la que más características, de entre las comunes, presenta; se decide realizar su modelo gracias a la apertura de los dueños para tomar las mediciones. A pesar de haber sido construida antes de 1977, las actualizaciones realizadas a la propiedad han mejorado su comportamiento; siendo sorprendente el no encontrar efectos de deriva de piso fuera de norma en el análisis lineal, y el encontrar muy poca torsión en los análisis; en el procesamiento de los cortantes se requirió de dos iteraciones para poder igualar los cortantes estático y dinámico obteniendo coeficientes de 9.66 y 7.19, posteriormente se comprobó que las derivas cumplan con la normativa, obteniendo un resultado satisfactorio.

Concluyendo que, a pesar de la baja puntuación obtenida en el formulario, la estructura puede soportar efectos sísmicos sin daño; cabe recalcar que el presente trabajo no abarca otros tipos de análisis, se pondría en consideración realizar un no lineal para indagar más a fondo sobre la respuesta de la estructura, se recalca que para este tipo de análisis se debe realizar un ensayo con pachómetro para recolectar

la información del acero de refuerzo en cada elemento de diferente sección o a su vez realizar el modelo con la cuantía mínima del acero de refuerzo.

6.3 TIPOLOGÍA 2

Para la segunda tipología se optó por un sistema constructivo y un tipo de ocupación diferente a la primera estructura, eligiendo un galpón en acero, de uso industrial.

Siendo esta estructura construida con el código vigente, fue un mejor punto de comparación; desafortunadamente no se contó con los planos exactos y las mediciones solo pudieron realizarse desde el exterior.

Se puede observar que las derivas de piso en ambos análisis cumplen con lo establecido; siendo el punto de interés los resultados obtenidos en los periodos de la estructura, ya que al modelarla con mampostería esta aumenta su rigidez a diferencia de si se representara solo la estructura de acero; en este caso, hay que contar con la participación de la albañilería para obtener un resultado aproximado a la realidad, siendo la deformación obtenida dada por la cubierta.

A pesar de cumplir con las deformaciones, se puede apreciar que el cortante dinámico no puede ser igualado con el estático al contar con valores de una gran diferencia; y a pesar de ser el cortante prácticamente nulo se requiere una evaluación más a profundidad de la estructura.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Se pudo concluir que, a pesar de las antigüedad, material o puntaje de las edificaciones, estas pueden seguir cumpliendo con las actualizaciones en la norma y por lo tanto seguir siendo consideradas sismorresistentes; esto no descarta la existencia de estructuras que puedan representar un peligro en caso de sismos que superen en magnitud al espectro de diseño, viéndonos en la necesidad de seguir proponiendo estudios de vulnerabilidad sísmica en los diferentes barrios de la ciudad.
- Al retirar el recubrimiento de los elementos para realizar la esclerometría se pudo encontrar zonas rugosas debido al agregado grueso, por posibles hormigueros, esto puede ser ocasionado por segregación del material o un mal vibrado del mismo lo cual ocasionó que los datos varíen de elemento a otro, motivo por el cual se decidió utilizar el valor más acorde a la resistencia ocupada en la época, sin contar que tras el paso del tiempo el hormigón gana resistencia; utilizando el mismo valor para vigas y columnas ya que en el ensayo de vigas la posible distribución del acero disparaba los valores de rebote del martillo.
- Al contar con un 84.31% de estructuras que califican como vulnerabilidad alta es importante el poder evaluar con más detenimiento las que obtuvieron menores puntajes y extrapolando ese porcentaje a la ciudad de Quito se ve necesario la implementación de protocolos de mitigación de riesgo sísmico y el concientizar a la población el riesgo que ocasiona la construcción informal, teniendo en cuenta que varios casos de irregularidad tanto en planta como vertical fueron creados inintencionalmente al realizar modificación no previstas a las viviendas.
- En el caso de la tipología 1, es apreciable como el mantenimiento dado a la estructura y las actualizaciones realizadas, a pesar de tener un f_c bajo a comparación a los utilizados en la actualidad, esto ocasiono que la edificación pudiera cumplir con los parámetros establecidos en la normativa actual, siendo resistente al sismo de diseño y con derivas de piso menores al 0.5%

en el análisis estático y dinámico, el siguiente paso correspondería verificar mediante análisis pushover que la cuantía de acero, así como su ubicación sea la correcta para resistir las fuerzas actuantes sobre el elemento.

- En la segunda tipología se puede resaltar el uso de acero como material estructural, siendo esta tipología elegida al ser completamente diferente de la primera y para representar la industria de la zona de estudio, para este caso el realizar el modelo con la mampostería provocó obtener una estructura rígida y una cubierta más flexible. Encontrándose este último elemento ante más carga de lo recomendable teóricamente, pero pudiendo ser aminoradas en la práctica.
- Se considera que el galpón que representa la estructura 2 es resistente ante efectos de sismos, esto no significa que su diseño estructural sea el adecuado, se debería verificar más a fondo el desempeño de esta y tratar de corregir posibles errores.

7.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda para trabajos futuros de esta índole realizar una reunión con los habitantes de la zona de estudio y los profesores de la universidad, de esta forma se podrá socializar el proyecto, esperando tener más apoyo de la comunidad.
- Es recomendable el extender los trabajos de este tipo, valiéndonos del ensayo con pachómetro para poder realizar análisis no lineal en la estructura, de este modo siendo los resultados más certeros.
- Observando que, con el paso del tiempo y el cambio de titular de las propiedades, muchos no cuentan dueños no cuentan con los planos o suponen características de sus propiedades; o a su vez los arrendatarios no tienen información certera, abre la posibilidad para crear una base de datos o adjuntar estas características a las claves catastrales, de este modo estudios a nivel de ciudad podrían facilitarse sin la necesidad de recurrir al Municipio y sus largos tiempos de espera.

- A pesar de la creación del formulario de evaluación hace ya varios años, todavía muchos profesionales desconocen su existencia, motivo por el cual se recomienda capacitaciones sobre su uso, esto permitirá tener un grupo de profesionales evaluadores para próximos eventos sísmicos.
- Se recomienda la realización de más análisis en las propiedades modeladas, teniendo en cuenta que no se conoce muchos detalles de estas, en el primer caso se sugiere la realización de un análisis pushover y en la segunda propiedad la realización de un lineal dinámico para corroborar la sección de los elementos estructurales y que los cortantes se encuentren igualados.

8 BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

8.1 BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, G., Gallegos, B., Ortiz, H., & Ramírez, R. (2008). *Evaluación estructural de edificios de hormigón armado*. Loja. Recuperado el Abril de 2021
- Aguiar, R. (2017). *Microzonificación sísmica de Quito*. Quito. Recuperado el Abril de 2021, de https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Aguiar/publication/277305703_Microzonificacion_Sismica_de_Quito/links/556670e108aeab77721cbbf1/Microzonificacion-Sismica-de-Quito.pdf
- Alcaldía de Quito. (2015). *Atlas de amenazas naturales exposición de infraestructura de Distrito Metropolitano de Quito*. Quito. Recuperado el Mayo de 2021
- ASTM International. (2018). *Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete*. Recuperado el Mayo de 2021, de <https://www.astm.org/Standards/C805.htm>
- Astroza, M., Ruiz, S., Astroza, R., & Molina, J. (2012). *Intensidades sísmicas*. Santiago de Chile. Recuperado el Mayo de 2021, de https://www.researchgate.net/profile/Maximiliano-Astroza/publication/258406762_Seismic_Intensities/links/5412183b0cf2bb7347dadf66/Seismic-Intensities.pdf
- Caballero, A. (2007). *Determinación de la vulnerabilidad sísmica por medio del método del índice de vulnerabilidad en las estructuras ubicadas en el centro histórico de la ciudad de Sincelejo, utilizando la tecnología del sistema de información geográfica*. Sincelejo. Recuperado el Mayo de 2021
- Cando, W., Jaramillo, Ó., Bucheli, J., & Xavier, P. (Enero de 2018). Evaluación técnico-visual de estructuras según NEC-SE-RE en el sector "La Armenia 1" para la determinación de riesgo ante fenómenos naturales específicos. *Revista PUCE*(106), 111-140. Recuperado el Abril de 2021, de <https://www.revistapuce.edu.ec/index.php/revpuce/article/view/132/251>
- Caudana, H. (2004). *Apuntes de ingeniería sísmica*. México. Recuperado el Julio de 2021, de <http://132.248.9.195/ppt2004/0337382/0337382.pdf>

- Cevallos, C. (2017). *Análisis de la relación de la frecuencia fundamental de una estructura con la deriva inelástica de piso en una estructura irregular de 5 pisos*. Ambato. Recuperado el Julio de 2021, de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26844/1/Tesis%201184%20-%20Cevallos%20Barzallo%20C%C3%A9sar%20Eduardo.pdf>
- Chopra, A. (2014). *Dinámica de estructuras*. México: Pearson.
- Curiel, G. (s.f.). *Dinámica estructural simplificada*. Recuperado el Julio de 2021, de file:///C:/Users/gaby_/Downloads/docdownloader.com-pdf-guillermo-demetrio-curiel-diaz-dinamica-estructural-simplificada-dd_0e613bc2c66f7b48946cc60c052413a9.pdf
- Disensa. (s.f.). *Bloques Rocafuerte livianos*. Recuperado el Julio de 2021, de http://tardisensa.com.ec/images/products/6bloques/1bloques_livianos.pdf
- Dowrick, D. J. (2003). *Earthquake Risk Reduction*. Editorial Wiley. Recuperado el Abril de 2021, de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=UXVRVNGFOTwC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Souter,+1996%3B+Dowrick,+1997&ots=eafzsUNHts&sig=YK1YxYPHBWntUc41IDRtxzorzVU#v=onepage&q&f=false>
- Ecuasuelos21. (2017). *Informe técnico de mecánica de suelos "Mado departamentos"*.
- Federal Emergency Management Agency. (2015). *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook* (Tercera Edición ed.). Washington. Recuperado el Mayo de 2021, de https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema_earthquakes_rapid-visual-screening-of-buildings-for-potential-seismic-hazards-a-handbook-third-edition-fema-p-154.pdf
- García Reyes, L. (1998). *Dinámica estructural aplicada al diseño sísmico*. Bogotá.
- Gómez, J. (1987). Determinación del índice esclerométrico en hormigones: factores que lo afectan. *Revista Universidad Nacional de Colombia*. Recuperado el MAyo de 2021, de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingenv/article/view/21576/22582>

- Guevara, N., Osorio, S., & Vargas, E. (2006). *Evaluación de la capacidad estructural del edificio de la biblioteca de las ingenierías y arquitectura, utilizando análisis estático no lineal (Pushover)*. Ciudad Universitaria. Recuperado el Junio de 2021, de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4522/1/Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20capacidad%20estructural%20del%20edificio%20de%20la%20Biblioteca%20de%20las%20Ingenier%C3%ADas%20y%20arquitectura%2C%20utilizandoan%C3%A1lisis%20est%C3%A1tico%20no%20lineal%20%28Pushover%29>.
- IGEPN. (2016). *Informe sísmico especial N.18-2016*. Recuperado el Mayo de 2021, de <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/1324-informe-sismico-especial-n-18-2016>
- Iturburo, D., & Castro, J. (2021). Estudio de la vulnerabilidad sísmica de los edificios de Guayaquil. Editorial Tecnocientífica Americana. Recuperado el Mayo de 2021, de <https://elibro.net/es/ereader/uisekecuador/174269?page=2>
- Llano, A. (2015). *Diseño estructural de una edificación de seis pisos, mediante un análisis lineal controlado por derivas inelásticas y una comprobación con un análisis estático no lineal, aplicando la técnica del pushover*. Quito. Recuperado el Mayo de 2020, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10782>
- Lozano, A. (s.f.). Martillo Schmidt (Esclerómetro). Recuperado el Mayo de 2021, de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/37481697/EI_martillo_de_Schmidt.pdf?1430565120=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMARTILLO_SCHMIDT_ESCLEROMETRO.pdf&Expires=1622137202&Signature=ISdLA588dctP4x~rt0-qF68J65-QXzi44vDDjCJr1eHy0VPJVOMXrh6P
- Mena, U. (2002). *Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas*. Cataluña. Recuperado el Abril de 2021, de <http://hdl.handle.net/10803/6222>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2016). *Guía práctica para el diseño de estructuras de hormigón armado en conformidad con la NEC 2015*. Quito. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/GUIA-2-HORMIGON-ARMADO.pdf>

- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2016). *Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*. Quito. Recuperado el Abril de 2021, de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/GUIA-5-EVALUACION-Y-REHABILITACION1.pdf>
- Muñoz, D. (1989). *Conceptos básicos en riesgo sísmico. Física de la Tierra 1*. Madrid.
- NEC. (2015). NEC. Rehabilitación sísmica de estructuras. Recuperado el Mayo de 2021, de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-RE.pdf>
- NEC. (2015). Peligro sísmico. Diseño sismorreistente. En *NEC-SE-DS*.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). *Cargas no sísmicas*. Recuperado el Julio de 2021
- Otáñez, H. M. (2020). *Guía de práctica: "Medición de la resistencia a la compresión del hormigón mediante el uso de ensayos no destructivos - Esclerómetro"*. Quito. Obtenido de 25
- Paz, E. (2012). Procedimiento de cálculo para la elaboración de espectros sísmicos para el diseño sismorresistente de estructuras. Guatemala. Recuperado el Mayo de 2021, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3486_C.pdf
- Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., & Yepes, H. (2007). *Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador* (Vol. Serie: El riesgo sísmico en el Ecuador 1). Quito. Recuperado el Abril de 2021, de <https://www.igepn.edu.ec/publicaciones-para-la-comunidad/comunidad-espanol/35-breves-fundamentos-sobre-los-terremotos-en-el-ecuador/file>
- Rodríguez, D. (2016). *Análisis sismorresistente mediante el método modal espectral de un edificio habitacional ubicado en la comuna de Tomé*. Concepción. Recuperado el Julio de 2021, de <http://repositoriodigital.ucsc.cl/bitstream/handle/25022009/1044/Diego%20Alfonso%20Rodríguez%20Cuevas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Salvador, S. M. (2002). *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico*. Barcelona. Recuperado el 2021 de 14 de 19, de <http://hdl.handle.net/10803/6226>
- Tisalema, M. (2016). *Análisis sísmico estático de edificio aporticado con Norma Ecuatoriana NEC 2015, SAP2000 V17*. Recuperado el Julio de 2021, de https://kupdf.net/download/libro-analisis-sismico-estatico-nec-2015_5cdc7debe2b6f5090249ce01_pdf
- Valverde, J., Fernández, J., Jiménez, E., Vaca, T., & Alarcón, F. (s.f.). *Microzonificación sísmica de los suelos del Distrito Metropolitano de la Ciudad de Quito*. Recuperado el Abril de 2021, de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/51553.pdf>

9 ANEXOS

9.1 ANEXO 1: FORMULARIO P-154 PARA DISTINTAS INTENSIDADES

9.1.1 MUY ALTA SISMICIDAD

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards FEMA P-154 Data Collection Form

Level 1
VERY HIGH Seismicity

Address: _____ Zip: _____

Other Identifiers: _____

Building Name: _____

Use: _____

Latitude: _____ Longitude: _____

S₁: _____ S₂: _____

Screeners(s): _____ Date/Time: _____

No. Stories: Above Grade: _____ Below Grade: _____ Year Built: ESI

Total Floor Area (sq. ft.): _____

Code Year: _____

Occupancy: None Yes, (Year(s) Built: _____)

Assembly Commercial Emer. Services Historic Shelter
Industrial Office School Government
Utility Warehouse Residential, # Units: _____

Soil Type: A B C D E F DNK
Hard Avg Dense Soft Soft Poor
Rock Soil Soil Soil Soil

Geologic Hazards: Yes/No/DNK Landslide: Yes/No/DNK Surf. Rupt.: Yes/No/DNK

Adjacency: Pounding Falling Hazards from Taller Adjacent Building

Irregularities: Vertical (type/severity) _____
 Plan (type) _____

Exterior Falling Hazards: Unbraced Chimneys Heavy Cladding or Heavy Veneer
 Parapets Appendages
 Other: _____

COMMENTS: _____

PHOTOGRAPH

SKETCH

Additional sketches or comments on separate page

FEMA BUILDING TYPE	Do Not Know	W1	W1A	W2	I1	I2	I3	I4	I5	O1	O2	O3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	MH
Basic Score		2.1	1.9	1.8	1.5	1.4	1.5	1.4	1.2	1.0	1.2	0.8	1.1	1.0	1.1	1.1	0.5	1.1
Severe Vertical Irregularity, V ₁	-0.9	-0.9	-0.9	-0.8	-0.7	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	NA
Moderate Vertical Irregularity, V ₂	-0.8	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	NA
Plan Irregularity, P ₁	-0.7	-0.7	-0.8	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.3	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	NA
Pre-Code	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	0.0	0.0
Post-Benchmark	1.9	1.9	2.0	1.0	1.1	1.1	1.5	NA	1.4	1.7	NA	1.5	1.7	1.6	1.6	NA	0.5	
Soil Type A or B	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1
Soil Type E (1-3 stories)	0.0	-0.2	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	0.0	-0.1	
Soil Type E (> 3 stories)	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	NA	-0.3	-0.1	-0.1	-0.3	-0.1	NA	-0.1	-0.2	-0.2	0.0	NA	
Minimum Score, S _{MIN}	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0	

FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1} ≥ S_{MIN}

EXTENT OF REVIEW	OTHER HAZARDS	ACTION REQUIRED
Exterior: <input type="checkbox"/> Partial <input type="checkbox"/> All Sides <input type="checkbox"/> Aerial Interior: <input type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Entered	Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation? <input type="checkbox"/> Pounding potential (unless S _{L1} > cut-off, if known) <input type="checkbox"/> Falling hazards from taller adjacent building <input type="checkbox"/> Geologic hazards or Soil Type F <input type="checkbox"/> Significant damage/deterioration to the structural system	Detailed Structural Evaluation Required? <input type="checkbox"/> Yes, unknown FEMA building type or other building <input type="checkbox"/> Yes, score less than cut-off <input type="checkbox"/> Yes, other hazards present <input type="checkbox"/> No Detailed Nonstructural Evaluation Recommended? (check one) <input type="checkbox"/> Yes, nonstructural hazards identified that should be evaluated <input type="checkbox"/> No, nonstructural hazards exist that may require mitigation, but a detailed evaluation is not necessary <input type="checkbox"/> No, no nonstructural hazards identified <input type="checkbox"/> DNK

LEVEL 2 SCREENING PERFORMED?
 Yes, Final Level 2 Score, S_{L2} No
Nonstructural hazards? Yes No

Where information cannot be verified, screener shall note the following: EST = Estimated or unreliable data OR DNK = Do Not Know

Legend: MRF = Moment-resisting frame RC = Reinforced concrete URM INF = Unreinforced masonry INF MH = Manufactured Housing PD = Flexible diaphragm BR = Braced frame SW = Shear wall TU = Tie up LM = Light metal RD = Rigid diaphragm

Figura 94. FEMA P-154, muy alta sismicidad, nivel 1 (Federal Emergency Management Agency, 2015).

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards FEMA P-154 Data Collection Form

Level 2 (Optional)
VERY HIGH Seismicity

Optional Level 2 data collection to be performed by a civil or structural engineering professional, architect, or graduate student with background in seismic evaluation or design of buildings.

Bldg Name: _____	Final Level 1 Score: S _{L1} = _____	(do not consider S _{MIN})
Screeners: _____	Level 1 Irregularity Modifiers: Vertical Irregularity, V ₁ = _____	Plan Irregularity, P ₁ = _____
Date/Time: _____	ADJUSTED BASELINE SCORE: S' = (S _{L1} - V ₁ - P ₁) = _____	

Topic	Statement (If statement is true, circle the "Yes" modifier; otherwise cross out the modifier)	Yes	Subtotal
Vertical Irregularity, V ₂	WI building: There is at least a full story grade change from one side of the building to the other.	-0.8	
	Non-WI building: There is at least a full story grade change from one side of the building to the other.	-0.2	
	WI building cripple wall: An unbraced cripple wall is visible in the crawl space.	-0.5	
	WI house over garage: Underneath an occupied story, there is a garage opening without a steel moment frame, and there is less than 8' of wall on the same line (for multiple occupied floors above, use 16' of wall minimum).	-0.8	
Weak and/or Soft Story (circle one maximum)	WIA building open front: There are openings at the ground story (such as for parking) over at least 50% of the length of the building.	-0.6	
	Non-WI building: Length of lateral system at any story is less than 50% of that at story above or height of any story is more than 2.0 times the height of the story above.	-0.7	
Setback	Non-WI building: Length of lateral system at any story is between 50% and 75% of that at story above or height of any story is between 1.3 and 2.0 times the height of the story above.	-0.4	
	Vertical elements of the lateral system at an upper story are outboard of those at the story below causing the diaphragm to cantilever at the offset.	-0.7	
Short Column/ Pier	Vertical elements of the lateral system at upper stories are inboard of those at lower stories.	-0.4	
	There is an in-plane offset of the lateral elements that is greater than the length of the elements.	-0.2	
Soil Level	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: At least 20% of columns (or piers) along a column line in the lateral system have height/depth ratios less than 50% of the nominal height/depth ratio at that level.	-0.4	
	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: The column depth (or pier width) is less than one half of the depth of the spandrel, or there are infill walls or adjacent floors that shorten the column.	-0.4	
Other Irregularity	There is a split level at one of the floor levels or at the roof.	-0.4	
	There is another observable severe vertical irregularity that obviously affects the building's seismic performance.	-0.7	V ₁₂ = _____
Plan Irregularity, P ₂	There is another observable moderate vertical irregularity that may affect the building's seismic performance.	-0.4	(Cap at -0.9)
	Torsional irregularity: Lateral system does not appear relatively well distributed in plan in either or both directions. (Do not include the WIA open front irregularity listed above.)	-0.5	
Redundancy	Non-parallel system: There are one or more major vertical elements of the lateral system that are not orthogonal to each other.	-0.2	
	Reentrant corner: Both projections from an interior corner exceed 25% of the overall plan dimension in that direction.	-0.2	
	Diaphragm opening: There is an opening in the diaphragm with a width over 50% of the total diaphragm width at that level.	-0.2	
	C1, C2 building out-of-plane offset: The exterior beams do not align with the columns in plan.	-0.2	P ₁₂ = _____
Pounding	Other irregularity: There is another observable plan irregularity that obviously affects the building's seismic performance.	-0.5	(Cap at -0.7)
	The building has at least two bays of lateral elements on each side of the building in each direction.	+0.2	
S2 Building	The floors do not align vertically within 2 feet.	-0.1	(Cap total modifiers at -0.9)
	One building is 2 or more stories taller than the other.	-0.1	
C1 Building	The building is at the end of the block.	-0.4	
	"K" bracing geometry is visible.	-0.1	
PC1/URM Bldg	Flat plate serves as the beam in the moment frame.	-0.3	
	There are roof-to-wall ties that are visible or known from drawings that do not rely on cross-grain bending. (Do not combine with post-benchmark or retrofit modifier)	+0.2	
PC1/URM Bldg	The building has closely spaced, full height interior walls (rather than an interior space with few walls such as in a warehouse).	+0.2	
	Gable walls are present.	-0.3	
URM	There is a supplemental seismic bracing system provided between the carriage and the ground.	+0.3	
	Comprehensive seismic retrofit is visible or known from drawings.	+1.2	M = _____

FINAL LEVEL 2 SCORE, S_{L2} = (S' + V₂ + P₂ + M) ≥ S_{MIN}: _____ (Transfer to Level 1 form)

There is observable damage or deterioration or another condition that negatively affects the building's seismic performance: Yes No
If yes, describe the condition in the comment box below and indicate on the Level 1 form that detailed evaluation is required independent of the building's score.

Location	Statement (Check "Yes" or "No")	Yes	No	Comment
Exterior	There is an unbraced unreinforced masonry parapet or unbraced unreinforced masonry chimney.			
	There is heavy cladding or heavy veneer.			
	There is a heavy canopy over exit doors or pedestrian walkways that appears inadequately supported.			
	There is an unreinforced masonry appendage over exit doors or pedestrian walkways.			
	There is a sign posted on the building that indicates hazardous materials are present.			
Interior	There is a taller adjacent building with an unanchored URM wall or unbraced URM parapet or chimney.			
	Other observed exterior nonstructural falling hazard:			
	There are hollow clay tile or brick partitions at any stair or exit corridor.			
Estimated Nonstructural Seismic Performance (Check appropriate box and transfer to Level 1 form conclusions)	Other observed interior nonstructural falling hazard:			
	<input type="checkbox"/> Potential nonstructural hazards with significant threat to occupant life safety → Detailed Nonstructural Evaluation recommended			
	<input type="checkbox"/> Nonstructural hazards identified with significant threat to occupant life safety → But no Detailed Nonstructural Evaluation required			
<input type="checkbox"/> Low or no nonstructural hazard threat to occupant life safety → No Detailed Nonstructural Evaluation required				

Comments: _____

Figura 95. FEMA P-154, muy alta sismicidad, nivel 2 (Federal Emergency Management Agency, 2015).

9.1.2 ALTA SISMICIDAD

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
FEMA P-154 Data Collection Form

Level 1
HIGH Seismicity

PHOTOGRAPH

Address: _____ Zip: _____

Other Identifiers: _____

Building Name: _____

Use: _____

Latitude: _____ Longitude: _____

S₁: _____ S₂: _____

Screeners(s): _____ Date/Time: _____

No. Stories: Above Grade: _____ Below Grade: _____ Year Built: ≥ 51

Total Floor Area (sq. ft.): _____

Additional: None Yes, Year(s) Built: _____

Occupancy: Assembly Commercial Emer. Services Historic Shelter
 Industrial Office School Government
 Utility Warehouse Residential, # Units: _____

Soil Type: A B C D E F DNK
Rock Rock Soil Soil Soil Soil *if DNK, assume Type D.*

Geologic Hazards: Liquefaction: Yes/No/DNK Landslide: Yes/No/DNK Surf. Rupt.: Yes/No/DNK

Adjacency: Pounding Falling Hazards from Taller Adjacent Building

Irregularities: Vertical (typeseventy)
 Plan (type)

Exterior Falling Hazards: Unbraced Chimneys Heavy Cladding or Heavy Veneer
 Parapets Appendages
 Other: _____

COMMENTS:

SKETCH Additional sketches or comments on separate page

FEMA BUILDING TYPE	Do Not Know	BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S _{L1}																
		W1	W1A	W2	S1 (MF)	S1 (BR)	S2 (A)	S4 (RC)	S3 (URM)	C1 (MF)	C2 (DR)	C3 (PM)	P1 (F)	PC2	RM1 (F)	RM2 (R)	URM	MH
Basic Score	5.3	3.2	2.5	2.1	2.8	2.8	2.3	1.7	1.5	2.0	1.2	1.5	1.4	1.7	1.7	1.0	1.5	
Severe Vertical Irregularity, V _v	-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA	
Moderate Vertical Irregularity, V _v	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA		
Plan Irregularity, P _v	-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.4	NA		
Pre-Code	-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	-0.1	-0.1	
Post-Benchmark	1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2	
Soil Type A or B	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3	
Soil Type E (>1.5 stories)	0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	-0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4	
Soil Type E (> 3 stories)	-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA	
Minimum Score, S _{min}	1.1	0.2	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0	

FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1} ≥ S_{min}: _____

EXTENT OF REVIEW
Exterior: Partial All Sides Aerial
Interior: None Visible Entered
Drawings Reviewed: Yes No
Soil Type Source: _____
Geologic Hazards Source: _____
Contact Person: _____

LEVEL 2 SCREENING PERFORMED?
Yes, Final Level 2 Score, S_{L2}: _____ No
Nonstructural hazards? Yes No

OTHER HAZARDS
Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation?
 Pounding potential (unless S_{L2} > cut-off, if known)
 Falling hazards from taller adjacent building
 Geologic hazards or Soil Type F
 Significant damage/deterioration to the structural system

ACTION REQUIRED
Detailed Structural Evaluation Required?
 Yes, unknown FEMA building type or other building
 Yes, score less than cut-off
 Yes, other hazards present
 No
Detailed Nonstructural Evaluation Recommended? (check one)
 Yes, nonstructural hazards identified that should be evaluated
 No, nonstructural hazards exist that may require mitigation, but a detailed evaluation is not necessary
 No, no nonstructural hazards identified DNK

Where information cannot be verified, screener shall note the following: **EST** = Estimated or unavailable data **DNK** = Do Not Know

Legend: MF = Masonry frame BR = Braced frame RC = Reinforced concrete UR = Unreinforced masonry MH = Masonry housing FD = Flexible diaphragm TU = Tie up LM = Light metal RC = Right diaphragm

Figura 96. FEMA P-154, alta sismicidad, nivel 1 (Federal Emergency Management Agency, 2015).

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
FEMA P-154 Data Collection Form

Level 2 (Optional)
HIGH Seismicity

Optional Level 2 data collection to be performed by a civil or structural engineering professional, architect, or graduate student with background in seismic evaluation or design of buildings.

Blgd Name: _____ Final Level 1 Score: S_{L1} = _____ (do not consider S_{min})

Screeners: _____ Level 1 Irregularity Modifiers: Vertical Irregularity, V_v = _____ Plan Irregularity, P_v = _____

Date/Time: _____ ADJUSTED BASELINE SCORE: S' = (S_{L1} - V_v - P_v) = _____

STRUCTURAL MODIFIERS TO ADD TO ADJUSTED BASELINE SCORE			
Topic	Statement (If statement is true, circle the "Yes" modifier; otherwise cross out the modifier)	Yes	Subtotal
Vertical Irregularity, V _v	Sloping Site	WI building: There is at least a full story grade change from one side of the building to the other.	-1.2
	Weak and/or Soft Story (circle one maximum)	WI building: There is at least a full story grade change from one side of the building to the other.	-0.3
		WI building cripple wall: An unbraced cripple wall is visible in the crawl space.	-0.8
		WI house over garage: Underneath an occupied story, there is a garage opening without a steel moment frame, and there is less than 8' of wall on the same line (for multiple occupied floors above, use 18' of wall minimum).	-1.2
		WI building open front: There are openings at the ground story (such as for parking) over at least 50% of the length of the building.	-1.2
Setback		Non-WI building: Length of lateral system at any story is less than 50% of that at story above or height of any story is more than 2.0 times the height of the story above.	-0.9
		Non-WI building: Length of lateral system at any story is between 50% and 75% of that at story above or height of any story is between 1.5 and 2.0 times the height of the story above.	-0.5
		Vertical elements of the lateral system at an upper story are outboard of those at the story below causing the diaphragm to cantilever at the offset.	-1.0
		Vertical elements of the lateral system at upper stories are inboard of those at lower stories. There is an in-plane offset of the lateral elements that is greater than the length of the elements.	-0.3
Short Column/ Pier		CI, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: At least 20% of columns (or piers) along a column line in the lateral system have height/depth ratios less than 50% of the nominal height/depth ratio at that level.	-0.5
		CI, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: The column depth (or pier width) is less than one half of the depth of the spandrel, or there are in-fill walls or adjacent floors that shorten the column.	-0.5
		Other: There is a split level at one of the floor levels or at the roof.	-0.5
Plan Irregularity, P _v	Irregularity	Other: There is another observable severe vertical irregularity that obviously affects the building's seismic performance.	-1.0
		Other: There is another observable moderate vertical irregularity that may affect the building's seismic performance.	-0.5
		Torsional irregularity: Lateral system does not appear relatively well distributed in plan in either or both directions. (Do not include the WI/A open front irregularity listed above.)	-0.7
		Non-parallel system: There are one or more major vertical elements of the lateral system that are not orthogonal to each other.	-0.4
Redundancy		Reentrant corner: Both projections from an interior corner exceed 25% of the overall plan dimension in that direction.	-0.4
		Diaphragm opening: There is an opening in the diaphragm with a width over 50% of the total diaphragm width at that level.	-0.2
		CI, C2 building out-of-plane offset: The exterior beams do not align with the columns in plan.	-0.4
		Other irregularity: There is another observable plan irregularity that obviously affects the building's seismic performance.	-0.7
		The building has at least two bays of lateral elements on each side of the building in each direction.	+0.3
Pounding		Building is separated from an adjacent structure. The floors do not align vertically within 2 feet.	-1.0
		One building is 2 or more stories taller than the other. The building is at the end of the block.	-1.0
SZ building		The building is at the end of the block.	-0.5
CT building		K-bracing geometry is visible.	-1.0
CT building		Hat plate serves as the beam in the moment frame.	-0.4
PC1/RM1 Bldg		There are roof-to-wall ties that are visible or known from drawings that do not rely on cross-grain bending. (Do not combine with post-benchmark or retrofit modifier).	+0.3
PC1/RM1 Bldg		The building has closely spaced, full height interior walls (rather than an interior space with few walls such as in a warehouse).	+0.3
URM		Gable walls are present.	-0.4
MH		There is a supplemental seismic bracing system provided between the carriage and the ground.	+1.2
Retrofit		Comprehensive seismic retrofit is visible or known from drawings.	+1.4

FINAL LEVEL 2 SCORE, S_{L2} = (S' + V_v + P_v + M) ≥ S_{min}: _____ (Transfer to Level 1 form)

There is observable damage or deterioration or another condition that negatively affects the building's seismic performance: Yes No
if yes, describe the condition in the comment box below and indicate the Level 1 form that detailed evaluation is required independent of the building's score.

OBSEVABLE NON STRUCTURAL HAZARD S

Location	Statement (Check "Yes" or "No")	Yes	No	Comment
Exterior	There is an unbraced unreinforced masonry parapet or unbraced unreinforced masonry chimney.			
	There is heavy cladding or heavy veneer.			
	There is a heavy canopy over exit doors or pedestrian walkways that appears inadequately supported.			
	There is an unreinforced masonry appendage over exit doors or pedestrian walkways.			
	There is a sign posted on the building that indicates hazardous materials are present.			
Interior	There is a taller adjacent building with an unanchored URM wall or unbraced URM parapet or chimney.			
	Other observed exterior nonstructural falling hazard:			
	There are hollow clay tile or brick partitions at any stair or exit corridor.			
Other observed interior nonstructural falling hazard:				

Estimated Nonstructural Seismic Performance (Check appropriate box and transfer to Level 1 form conclusions)
 Potential nonstructural hazards with significant threat to occupant life safety → Detailed Nonstructural Evaluation recommended
 Nonstructural hazards identified with significant threat to occupant life safety → But no Detailed Nonstructural Evaluation required
 Low or no nonstructural hazard threat to occupant life safety → No Detailed Nonstructural Evaluation required

Comments:

Figura 97. FEMA P-154, alta sismicidad, nivel 2 (Federal Emergency Management Agency, 2015).

9.1.3 MODERADAMENTE ALTA SISMICIDAD

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards **Level 1**
FEMA P-154 Data Collection Form **MODERATELY HIGH Seismicity**

Address: _____ Zip: _____

Other Identifiers: _____

Building Name: _____

Use: _____

Latitude: _____ Longitude: _____

S₁: _____ S₂: _____

Screeners(s): _____ Date/Time: _____

No. Stories: Above Grade: _____ Below Grade: _____ Year Built: 1911

Total Floor Area (sq. ft.): _____

Additional: None Yes, Year(s) Built: _____

Occupancy: Assembly Commercial Emer. Services Historic Shelter
 Industrial Office School Government
 Utility Warehouse Residential, # Units: _____

Soil Type: A B C D E F DNK
 Hard Rock Avg. Rock Dense Soil Soft Soil Poor Soil DNK, assume Type D.

Geologic Hazards: Liquefaction: Yes/No/DNK Landslide: Yes/No/DNK Surf. Rupt.: Yes/No/DNK

Adjacency: Pounding Falling Hazards from Taller Adjacent Building

Irregularities: Vertical (type/severity) _____
 Plan (type) _____

Exterior Falling Hazards: Unbraced Chimneys Heavy Cladding or Heavy Veneer
 Parapets Appendages
 Other: _____

COMMENTS: _____

PHOTOGRAPH

SKETCH Additional sketches or comments on separate page

FEMA BUILDING TYPE	Do Not Know	W1	W1A	W2	I1 (RRF)	I2 (BR)	I2 (LR)	I2 (LR)	I2 (LR)	C1 (RRF)	C2 (SW)	C2 (LR)	PC1 (F)	PC2	RM1 (F)	RM2 (F)	URM	MH
Basic Score	4.1	3.7	3.2	2.3	2.2	2.3	2.2	2.8	1.7	2.1	1.4	1.8	1.5	1.8	1.8	1.8	1.2	2.2
Severe Vertical Irregularity, V _v	-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	-1.0	-0.8	NA
Moderate Vertical Irregularity, V _v	-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	-0.6	-0.5	NA
Plan Irregularity, P ₁	-1.3	-1.2	-1.1	-0.9	-0.8	-1.0	-0.8	-0.7	-0.7	-0.9	-0.8	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.5	NA
Pre-Code	-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	NA
Post-Benchmark	1.5	1.9	2.3	1.4	1.4	1.0	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.1	2.4	2.1	2.1	NA	1.2	NA
Soil Type A or B	0.3	0.8	0.9	0.8	0.9	0.3	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.9	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9
Soil Type E (1-3 stories)	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	-0.5
Soil Type E (> 3 stories)	-0.5	-0.6	-1.2	-0.7	-0.7	NA	-0.7	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	NA	-0.5	-0.6	-0.7	-0.3	NA	
Minimum Score, S _{min}	1.2	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	

FINAL LEVEL 1 SCORE, S₁ = S_{min}

EXTENT OF REVIEW
 Exterior: Partial All Sides Aerial
 Interior: None Visible Entered
 Drawings Reviewed: Yes No
 Soil Type Source: _____
 Geologic Hazards Source: _____
 Contact Person: _____

LEVEL 2 SCREENING PERFORMED?
 Yes, Final Level 2 Score, S₂ _____
 No Yes No

OTHER HAZARDS
 Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation?
 Pounding potential (unless S₂ > cut-off, if known)
 Falling hazards from taller adjacent building
 Geologic hazards or Soil Type F
 Significant damage/deterioration to the structural system

ACTION REQUIRED
 Detailed Structural Evaluation Required?
 Yes, unknown FEMA building type or other building
 Yes, score less than cut-off
 Yes, other hazards present
 No
 Detailed Nonstructural Evaluation Recommended? (check one)
 Yes, nonstructural hazards identified that should be evaluated
 No, nonstructural hazards exist that may require mitigation, but a detailed evaluation is not necessary
 No, no nonstructural hazards identified DNK

Where information cannot be verified, screener shall note the following: **EST = Estimated or unreliable data** **DNK = Do Not Know**

Legend: MRF = Moment-resisting frame RC = Reinforced concrete URM/NF = Unreinforced masonry infill PD = Flexible diaphragm BR = Braced frame SW = Shear wall TU = Tie-up LM = Light metal RD = Rigid diaphragm

Figura 98. FEMA P-154, moderadamente alta sismicidad, nivel 1 (Federal Emergency Management Agency, 2015).

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards **Level 2 (Optional)**
FEMA P-154 Data Collection Form **MODERATELY HIGH Seismicity**

Optional Level 2 data collection to be performed by a civil or structural engineering professional, architect, or graduate student with background in seismic evaluation or design of buildings.

Bid/Name: _____ Final Level 1 Score: S₁ = _____ (do not consider S_{min})
 Screener: _____ Level 1 Irregularity Modifiers: Vertical Irregularity, V_v = _____ Plan Irregularity, P₁ = _____
 Date/Time: _____ ADJUSTED BASELINE SCORE: S' = (S₁ - V_v - P₁) = _____

STRUCTURAL MODIFIERS TO ADD TO ADJUSTED BASELINE SCORE

Topic	Statement (If statement is true, circle the "Yes" modifier; otherwise cross out the modifier)	Yes	Subtotal
Vertical Irregularity, V _v	Sloping Site: There is at least a full story grade change from one side of the building to the other.	-1.3	
	Site: Non-WI building: There is at least a full story grade change from one side of the building to the other.	-0.3	
	Weak and/or Soft Story (circle one maximum): Unbraced cripple wall: An unbraced cripple wall is visible in the crawl space.	-0.8	
	WI house over garage: Underneath an occupied story, there is a garage opening without a steel moment frame, and there is less than 8' of wall on the same line (for multiple occupied floors above, use 16' of wall minimum).	-1.3	
Seaback	WI building open front: There are openings at the ground story (such as for parking) over at least 50% of the length of the building.	-1.3	
	Non-WI building: Length of lateral system at any story is less than 50% of that at story above or height of any story is more than 2.0 times the height of the story above.	-1.0	
	Non-WI building: Length of lateral system at any story is between 50% and 75% of that at story above or height of any story is between 1.3 and 2.0 times the height of the story above.	-0.5	
	Vertical elements of the lateral system at an upper story are outboard of those at the story below causing the diaphragm to cantilever at the offset.	-1.0	
Short Column/ Pier	Vertical elements of the lateral system at upper stories are inboard of those at lower stories.	-0.5	
	There is an in-plane offset of the lateral elements that is greater than the length of the elements.	-0.3	
	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: At least 20% of columns (or piers) along a column line in the lateral system have height/depth ratios less than 50% of the nominal height/depth ratio at that level.	-0.5	
	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: The column depth (or pier width) is less than one half of the depth of the spandrel, or there are infill walls or adjacent floors that shorten the column.	-0.5	
Plan Irregularity, P ₁	Spiral Level: There is a spiral level at one of the floor levels or at the roof.	-0.5	
	Other: There is another observable severe vertical irregularity that obviously affects the building's seismic performance.	-1.0	
	Irregularity: There is another observable moderate vertical irregularity that may affect the building's seismic performance.	-0.5	
	Torsional irregularity: Lateral system does not appear relatively well distributed in plan in either or both directions. (Do not include the WI4 open front irregularity listed above.)	-0.8	
Redundancy	Non-parallel system: There are one or more major vertical elements of the lateral system that are not orthogonal to each other.	-0.4	
	Reentrant corner: Both projections from an interior corner exceed 25% of the overall plan dimension in that direction.	-0.4	
	Diaphragm opening: There is an opening in the diaphragm with a width over 50% of the total diaphragm width at that level.	-0.3	
	C1, C2 building out-of-plane offset: The exterior beams do not align with the columns in plan.	-0.4	
Pounding	Other irregularity: There is another observable plan irregularity that obviously affects the building's seismic performance.	-0.8	
	The building has at least two bays of lateral elements on each side of the building in each direction.	+0.3	
	Building is separated from an adjacent structure by less than 0.5% of the height of the shorter of the building and adjacent structure and:	-1.0	
	The floors do not align vertically within 2 feet. (Cap total pounding modifiers at -1.3)	-1.0	
S2 building	K-bracing geometry is visible.	-1.0	
	The building is at the end of the block.	-0.5	
URM/NF Bldg	Flat plate serves as the beam in the moment frame.	-0.5	
	There are roof-to-wall ties that are visible or known from drawings that do not rely on cross-grain bending. (Do not combine with post-benchmark or retrofit modifier).	+0.3	
PC1/URM Bldg	The building has closely spaced, full height interior walls (rather than an interior space with few walls such as in a warehouse).	+0.3	
	Uable walls are present.	-0.4	
MH	There is a supplemental seismic bracing system provided between the carriage and the ground.	+1.2	
	Comprehensive seismic retrofit is visible or known from drawings.	+1.4	

FINAL LEVEL 2 SCORE, S₂ = (S' + V_v + P₁ + M) ± S_{min} N = _____ (Transfer to Level 1 form)

There is observable damage or deterioration or another condition that negatively affects the building's seismic performance: Yes No
 If yes, describe the condition in the comment box below and indicate on the Level 1 form that detailed evaluation is required independent of the building's score.

OBSERVABLE NONSTRUCTURAL HAZARDS

Location	Statement (Check "Yes" or "No")	Yes	No	Comment
Exterior	There is an unbraced unreinforced masonry parapet or unbraced unreinforced masonry chimney.			
	There is heavy cladding or heavy veneer.			
	There is a heavy canopy over exit doors or pedestrian walkways that appears inadequately supported.			
	There is an unreinforced masonry appendage over exit doors or pedestrian walkways.			
	There is a sign posted on the building that indicates hazardous materials are present.			
	There is a taller adjacent building with an unanchored URM wall or unbraced URM parapet or chimney.			
Interior	Other observed exterior nonstructural falling hazard:			
	There are hollow clay tile or brick partitions at any stair or exit corridor.			
Estimated Nonstructural Seismic Performance	Other observed interior nonstructural falling hazard:			
	Potential nonstructural hazards with significant threat to occupant life safety → Detailed Nonstructural Evaluation recommended			
	Nonstructural hazards identified with significant threat to occupant life safety → But no Detailed Nonstructural Evaluation required			
	Low or no nonstructural hazard threat to occupant life safety → No Detailed Nonstructural Evaluation required			

Comments: _____

Figura 99. FEMA P-154, moderadamente alta sismicidad, nivel 2 (Federal Emergency Management Agency, 2015).

9.1.4 MODERADA SISMICIDAD

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
 FEMA P-154 Data Collection Form

**Level 1
MODERATE Seismicity**

Address: _____ Zip: _____

Other Identifiers: _____

Building Name: _____

Use: _____

Latitude: _____ Longitude: _____

S₁: _____ S₂: _____

Screener(s): _____ Date/Time: _____

No. Stories: Above Grade: _____ Below Grade: _____ Year Built: _____ ±11

Total Floor Area (sq. ft.): _____ Code Year: _____

Additions: None Yes, Year(s) Built: _____

Occupancy: Assembly Commercial Emer. Services Historic Shelter
 Industrial Office School Government
 Utility Warehouse Residential, # Units: _____

Soil Type: A Hard Rock B Avg. Rock C Dense Soil D Shift. Soil E Soft Soil F Poor Soil DNK if DNK, assume Type D.

Geologic Hazards: Liquefaction: Yes/No/DNK Landslide: Yes/No/DNK Surf. Rupt: Yes/No/DNK

Adjacency: Pounding Falling Hazards from Taller Adjacent Building

Irregularities: Vertical (type/s): _____
 Plan (type): _____

Exterior Falling Hazards: Unbraced Chimneys Heavy Cladding or Heavy Veneer
 Parapets Appendages
 Other: _____

COMMENTS: _____

PHOTOGRAPH

SKETCH

Additional sketches or comments on separate page

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S _{L1}																		
FEMA BUILDING TYPE	Do Not Know	W1	W1A	W2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	C1	C2	C3	PC1	RM1	RM2	URM	MH
Basic score	5.1	4.5	3.8	2.7	2.6	3.5	2.5	2.7	2.1	2.5	2.9	2.1	1.9	2.1	1.9	2.1	1.7	2.9
Severe Vertical Irregularity, V ₁	-1.4	-1.4	-1.4	-1.2	-1.2	-1.4	-1.1	-1.2	-1.1	-1.2	-1.0	-1.1	-1.0	-1.1	-1.1	-1.1	-1.0	NA
Moderate Vertical Irregularity, V ₂	-0.9	-0.9	-0.9	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	NA
Plan Irregularity, P ₁	-1.4	-1.3	-1.2	-1.0	-0.9	-1.2	-0.9	-0.9	-0.8	-1.0	-0.8	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	-0.7	NA
Pre-Code	-0.3	-0.5	-0.6	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.5
Post-Benchmark	1.4	2.0	2.5	1.5	1.5	0.8	2.1	NA	2.0	2.3	NA	2.1	2.5	2.3	2.3	NA	1.2	
Soil Type A or B	0.7	1.2	1.8	1.1	1.4	0.6	1.5	1.6	1.1	1.5	1.3	1.6	1.3	1.4	1.4	1.3	1.6	1.8
Soil Type E (1-3 stories)	-1.2	-1.3	-1.4	-0.9	-0.9	-1.0	-0.9	-0.9	-0.7	-1.0	-0.7	-0.8	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.6	-0.9
Soil Type E (> 3 stories)	-1.8	-1.8	-1.3	-0.9	-0.9	NA	-0.9	-1.0	-0.8	-1.0	-0.8	NA	-0.7	-0.7	-0.8	-0.6	NA	
Minimum Score, S _{min}	1.9	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	1.9	

FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1} ≥ S_{min}

EXTENT OF REVIEW
 Exterior: Partial All Sides Aerial
 Interior: None Visible Entered
 Drawings Reviewed: Yes No
 Soil Type Source: _____
 Geologic Hazards Source: _____
 Contact Person: _____

LEVEL 2 SCREENING PERFORMED?
 Yes, Final Level 2 Score, S_{L2} No
 Nonstructural hazards? Yes No

OTHER HAZARDS
 Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation?
 Pounding potential (unless S_{L1} > cut-off, if known)
 Yes, other hazards present
 No
 Falling hazards from taller adjacent building
 Geologic hazards or Soil Type F
 Significant damage/deterioration to the structural system

ACTION REQUIRED
 Detailed Structural Evaluation Required?
 Yes, known FEMA building type or other building
 Yes, score less than cut-off
 Yes, other hazards present
 No
 Detailed Nonstructural Evaluation Recommended? (check one)
 Yes, nonstructural hazards identified that should be evaluated
 No, nonstructural hazards exist that may require mitigation, but a detailed evaluation is not necessary
 No, no nonstructural hazards identified DNK

Where information cannot be verified, screener shall note the following: EST = Estimated or unreliable data OR DNK = Do Not Know

Legend: MRF = Moment-resisting frame BR = Braced frame RC = Reinforced concrete URM = Unreinforced masonry with TU = Tie up MH = Manufactured Housing PD = Flexible diaphragm SW = Shear wall LM = Light metal RD = Rigid diaphragm

Figura 100. FEMA P-154, moderada sismicidad, nivel 1 (Federal Emergency Management Agency, 2015).

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
 FEMA P-154 Data Collection Form

**Level 2 (Optional)
MODERATE Seismicity**

Optional Level 2 data collection to be performed by a civil or structural engineering professional, architect, or graduate student with background in seismic evaluation or design of buildings.

Blgd Name: _____ Final Level 1 Score: S_{L1} = _____ (do not consider S_{min})

Screener: _____ Level 1 Irregularity Modifiers: Vertical irregularity, V₁ = _____ Plan irregularity, P₁ = _____

Date/Time: _____ ADJUSTED BASELINE SCORE: S' = (S_{L1} - V₁ - P₁) = _____

STRUCTURAL MODIFIERS TO ADD TO ADJUSTED BASELINE SCORE					
Topic	Statement (If statement is true, circle the "Yes" modifier; otherwise cross out the modifier)	Yes	No	Subtotal	
Vertical Irregularity, V ₂	Sloping Site	W1 building: There is at least a full story grade change from one side of the building to the other.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-1.4
	Weak and/or Soft Story (circle one maximum)	W1 building: There is at least a full story grade change from one side of the building to the other.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-0.4
		W1 building cripple wall: An unbraced cripple wall is visible in the crawl space.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-0.7
	Setback	W1 house over garage: Underneath an occupied story, there is a garage opening without a steel moment frame, and there is less than 8' of wall on the same line (for multiple occupied floors above, use 18' of wall minimum).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-1.4
		W1A building open front: There are openings at the ground story (such as for parking) over at least 50% of the length of the building.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-1.4
	Short Column/ Pier	Non-W1 building: Length of lateral system at any story is less than 50% of that at story above or height of any story is more than 2.0 times the height of the story above.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-1.1
Non-W1 building: Length of lateral system at any story is between 50% and 75% of that at story above or height of any story is between 1.3 and 2.0 times the height of the story above.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-0.6	
Vertical elements of the lateral system at an upper story are outboard of those at the story below causing the diaphragm to cantilever at the offset.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-1.2	
Vertical elements of the lateral system at upper stories are inboard of those at lower stories.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-0.6	
Split Level	There is an in-plane offset of the lateral elements that is greater than the length of the elements.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-0.4	
	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: At least 20% of columns (or piers) along a column line in the lateral system have height/depth ratios less than 50% of the nominal height/depth ratio at that level.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-0.5	
Plan Irregularity, P ₂	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: The column depth (or pier width) is less than one half of the depth of the spandrel, or there are infill walls or adjacent floors that shorten the column.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-0.5	
	Other irregularity: There is another observable severe vertical irregularity that obviously affects the building's seismic performance.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-1.2	
Redundancy	Other irregularity: There is another observable moderate vertical irregularity that may affect the building's seismic performance.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-0.5	
	Torsional Irregularity: Lateral system does not appear relatively well distributed in plan in either or both directions. (Do not include the W1A open front irregularity listed above.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-1.0	
Pounding	Non-parallel system: There are one or more major vertical elements of the lateral system that are not orthogonal to each other.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-0.5	
	Reentrant corner: Both projections from an interior corner exceed 25% of the overall plan dimension in that direction.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-0.5	
	Diaphragm opening: There is an opening in the diaphragm with a width over 50% of the total diaphragm width at that level.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-0.3	
	C1, C2 building out-of-plane offset: The exterior beams do not align with the columns in plan.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-0.4	
SZ Building	Other irregularity: There is another observable plan irregularity that obviously affects the building's seismic performance.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-1.0	
	The building has at least two bays of lateral elements on each side of the building in each direction.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	+0.4	
CT Building	The floors do not align vertically within 2 feet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-1.2	
	One building is 2 or more stories taller than the other.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-1.2	
PCT/IRM1 Bldg	The building is 2 or more stories taller than the other.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-1.2	
	The building is at the end of the block.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-1.4	
URM	K-bracing geometry is visible.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-0.6	
	Hat plate serves as the beam in the moment frame.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-0.5	
MH	There are roof-to-wall ties that are visible or known from drawings that do not rely on cross-grain bending. (Do not combine with post-benchmark or retrofit modifier.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	+0.4	
	The building has closely spaced, full height interior walls (rather than an interior space with few walls such as in a warehouse).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	+0.4	
Retrofit	Gable walls are present.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-0.5	
	There is a supplemental seismic bracing system provided between the carriage and the ground.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	+1.2	
FINAL LEVEL 2 SCORE, S _{L2} = (S' + V ₂ + P ₂ + M) ≥ S _{min}				+1.4	
There is observable damage or deterioration or another condition that negatively affects the building's seismic performance: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No				M = _____	
If yes, describe the condition in the comment box below and indicate on the Level 1 form that detailed evaluation is required independent of the building's score.				(Transfer to Level 1 form)	

OBSEVABLE NON STRUCTURAL HAZARDS

Location	Statement (Check "Yes" or "No")	Yes	No	Comment
Exterior	There is an unbraced unreinforced masonry parapet or unbraced unreinforced masonry chimney.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	There is heavy cladding or heavy veneer.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	There is a heavy canopy over exit doors or pedestrian walkways that appears inadequately supported.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	There is an unreinforced masonry appendage over exit doors or pedestrian walkways.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	There is a sign posted on the building that indicates hazardous materials are present.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	There is a taller adjacent building with an unanchored URM wall or unbraced URM parapet or chimney.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Interior	Other observed exterior nonstructural falling hazard:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	There are hollow clay tile or brick partitions at any stair or exit corridor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Other observed interior nonstructural falling hazard:				
Estimated Nonstructural Seismic Performance (Check appropriate box and transfer to Level 1 form conclusions)				
<input type="checkbox"/> Potential nonstructural hazards with significant threat to occupant life safety → Detailed Nonstructural Evaluation required				
<input type="checkbox"/> Nonstructural hazards identified with significant threat to occupant life safety → But no Detailed Nonstructural Evaluation required				
<input type="checkbox"/> Low or no nonstructural hazard threat to occupant life safety → No Detailed Nonstructural Evaluation required				

Comments: _____

Figura 101. FEMA P-154, moderada sismicidad, nivel 2 (Federal Emergency Management Agency, 2015).

9.1.5 BAJA SISMICIDAD

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards FEMA P-154 Data Collection Form

**Level 1
LOW Seismicity**

Address: _____ Zip: _____

Other Identifiers: _____

Building Name: _____

Use: _____

Latitude: _____ Longitude: _____

S₁: _____ S₂: _____

Screener(s): _____ Date/Time: _____

No. Stories: Above Grade: _____ Below Grade: _____ Year Built: EST 1914

Total Floor Area (sq. ft.): _____

Additional: None Yes, Year(s) Built: _____

Occupancy: Assembly Commercial Emer. Services Historic Shelter
Industrial Office School Government
Utility Warehouse Residential, # Units: _____

Soil Type: A B C D E F DNK
Hard Rock Avg. Rock Dense Soil Soft Soil Poor Soil DNK, assume Type D.

Geologic Hazards: Liquefaction: Yes/No/DNK Landslide: Yes/No/DNK Surf. Rupt.: Yes/No/DNK

Adjacency: Pounding Falling Hazards from Taller Adjacent Building

Irregularities: Vertical (type/severity) _____
 Plan (type) _____

Exterior Falling Hazards: Unbraced Chimneys Heavy Cladding or Heavy Veneer
 Parapets Appendages
 Other: _____

COMMENTS: _____

PHOTOGRAPH

SKETCH

Additional sketches or comments on separate page

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1}

FEMA BUILDING TYPE	So Not Know	W1	W1A	W2	I1 (RRF)	I2 (RR)	I3 (RR)	I4 (RR)	I5 (RR)	C1 (URM RRF)	C2 (SN)	C3 (URM RRF)	PC1 (URM RRF)	PC2 (URM RRF)	RM1 (FD)	RM2 (RR)	URM	MH
Basic Score	4.2	5.9	5.7	5.9	5.9	4.4	4.5	4.5	3.9	4.2	3.5	3.8	3.5	3.7	3.7	3.2	4.6	
Severe Vertical Irregularity, V ₁	-1.5	-1.5	-1.5	-1.4	-1.3	-1.8	-1.2	-1.3	-1.2	-1.1	-1.3	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.2	NA	
Moderate Vertical Irregularity, V ₂	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.8	-1.0	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.7	NA	
Plan Irregularity, P ₁	-1.6	-1.4	-1.3	-1.2	-1.1	-1.4	-1.0	-1.1	-1.0	-1.0	-0.9	-1.2	-0.9	-0.9	-0.9	-1.0	NA	
Pre-Code	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
Post-Benchmark	2.2	2.4	2.5	2.0	1.6	1.4	2.1	NA	2.3	2.2	NA	1.9	2.6	2.3	2.3	NA	1.8	
Soil Type A or B	0.9	1.1	1.3	1.0	1.2	0.8	1.3	1.4	0.9	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.3	0.9	
Soil Type E (1-3 stories)	-1.2	-1.7	-2.3	-1.2	-1.4	-1.0	-1.7	-2.0	-1.4	-2.0	-1.6	-1.7	-1.6	-1.7	-1.7	-1.5	-2.1	
Soil Type E (4-3 stories)	-1.7	-2.0	-2.2	-1.2	-1.4	NA	-1.7	-1.9	-1.3	-1.9	-1.6	NA	-1.6	-1.6	-1.7	-1.4	NA	
Minimum Score, S ₁₀	2.7	2.1	1.5	0.9	0.8	1.2	0.8	0.9	0.5	0.6	0.5	0.5	0.4	0.6	0.5	0.4	2.5	

FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1} ≥ S_{MIN}

EXTENT OF REVIEW

Exterior: Partial All Sides Aerial
Interior: None Visible Entered

Drawings Reviewed: Yes No

Soil Type Source: _____

Geologic Hazards Source: _____

Contact Person: _____

LEVEL 2 SCREENING PERFORMED?

Yes, Final Level 2 Score, S_{L2} _____ No
 Nonstructural hazards? Yes No

OTHER HAZARDS

Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation?

Pounding potential (unless S_{L1} > cut-off, if known)

Falling hazards from taller adjacent building

Geologic hazards or Soil Type F

Significant damage/deterioration to the structural system

ACTION REQUIRED

Detailed Structural Evaluation Required?

Yes, unknown FEMA building type or other building

Yes, score less than cut-off

Yes, other hazards present

No

Detailed Nonstructural Evaluation Recommended? (check one)

Yes, nonstructural hazards identified that should be evaluated

No, nonstructural hazards exist that may require mitigation, but a detailed evaluation is not necessary

No, no nonstructural hazards identified DNK

Where information cannot be verified, screener shall note the following: EST = Estimated or unreliable data DNK = Do Not Know

Legend: MRF = Moment-resisting frame RC = Reinforced concrete URM = Unreinforced masonry IWM = Manufactured Housing FD = Flexible diaphragm BR = Braced frame SW = Shear wall TU = Tall up LH = Light mass RD = Rigid diaphragm

Figura 102. FEMA P-154, baja sismicidad, nivel 1 (Federal Emergency Management Agency, 2015).

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards FEMA P-154 Data Collection Form

**Level 2 (Optional)
LOW Seismicity**

Optional Level 2 data collection to be performed by a civil or structural engineering professional, architect, or graduate student with background in seismic evaluation or design of buildings.

Bldg Name: _____ Final Level 1 Score: S_{L1} = _____ (do not consider S_{MIN})

Screener: _____ Level 1 Irregularity Modifiers: Vertical Irregularity, V₁ = _____ Plan Irregularity, P₁ = _____

Date/Time: _____ ADJUSTED BASELINE SCORE: S' = (S_{L1} - V₁ - P₁) = _____

STRUCTURAL MODIFIERS TO ADD TO ADJUSTED BASELINE SCORE

Topic	Statement (If statement or true, circle the "Yes" modifier; otherwise cross out the modifier)	Yes	Subtotal
Vertical Irregularity, V ₁	Sloping Site: W1 building: There is at least a full story grade change from one side of the building to the other.	-1.5	
	Non-W1 building: There is at least a full story grade change from one side of the building to the other.	-0.4	
Weak and/or Soft Story (circle one maximum)	W1 building cripple wall: An unbraced cripple wall is visible in the crawl space.	-0.7	
	W1 house over garage: Underneath an occupied story, there is a garage opening without a steel moment frame, and there is less than 8' of wall on the same line (for multiple occupied floors above, use 16' of wall minimum).	-1.5	
Setback	W1A building open front: There are openings at the ground story (such as for parking) over at least 50% of the length of the building.	-1.6	
	Non-W1 building: Length of lateral system at any story is less than 50% of that at story above or height of any story is more than 2.0 times the height of the story above.	-1.3	
Other	Non-W1 building: Length of lateral system at any story is between 50% and 75% of that at story above or height of any story is between 1.3 and 2.0 times the height of the story above.	-0.6	
	Vertical elements of the lateral system at an upper story are outboard of those at the story below causing the diaphragm to cantilever at the offset.	-1.3	
Short Column/ Pier	Vertical elements of the lateral system at upper stories are inboard of those at lower stories.	-0.6	
	There is an in-plane offset of the lateral elements that is greater than the length of the elements.	-0.4	
Soft Level	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: At least 20% of columns (or piers) along a column line in the lateral system have height/depth ratios less than 50% of the nominal height/depth ratio at that level.	-0.6	
	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: The column depth (or pier width) is less than one half of the depth of the span/diaphragm, or there are mull walls or adjacent floors that shorten the column.	-0.8	
Plan Irregularity, P ₁	Other: There is a soft level at one of the floor levels or at the roof.	-0.8	
	Other: There is another observable severe vertical irregularity that obviously affects the building's seismic performance.	-1.3	
Redundancy	Other: There is another observable moderate vertical irregularity that may affect the building's seismic performance.	-0.8	
	Plan Irregularity, P ₂ : Torsional irregularity: Lateral system does not appear relatively well distributed in plan in either or both directions. (Do not include the W1A open front irregularity listed above.)	-1.1	
Pounding	Non-parallel system: There are one or more major vertical elements of the lateral system that are not orthogonal to each other.	-0.6	
	Reentrant corner: Both projections from an interior corner exceed 25% of the overall plan dimension in that direction.	-0.8	
S'Z building	Diaphragm opening: There is an opening in the diaphragm with a width over 50% of the total diaphragm width at that level.	-0.4	
	C1, C2 building out-of-plane offset: The exterior beams do not align with the columns in plan.	-0.6	
C1 building	Other irregularity: There is another observable plan irregularity that obviously affects the building's seismic performance.	-1.1	
	Other: There is another observable plan irregularity that obviously affects the building's seismic performance.	-1.1	
PC1/RM1 Bldg	The building has at least two bays of lateral elements on each side of the building in each direction.	+0.4	
	The building is separated from an adjacent structure by less than 0.1% of the height of the shorter of the building and adjacent structure and: <input type="checkbox"/> The floors do not align vertically within 2 feet. <input type="checkbox"/> The building is 2 or more stories taller than the other. <input type="checkbox"/> The building is at the end of the block.	-1.3	
URM	K bracing geometry is visible.	-0.6	
	Hat plate serves as the beam in the moment frame.	-0.6	
MH	There are roof-to-wall ties that are visible or known from drawings that do not rely on cross-grain bending. (Do not combine with post-benchmark or retrofit modifier.)	+0.4	
	Gable walls are present.	-0.6	
Retrofit	There is a supplemental seismic bracing system provided between the carriage and the ground.	+1.8	
	Comprehensive seismic retrofit is visible or known from drawings.	+1.6	

FINAL LEVEL 2 SCORE, S_{L2} = (S' + V₁ + P₁ + M) ≥ S_{MIN}

There is observable damage or deterioration or another condition that negatively affects the building's seismic performance. Yes No

If yes, describe the condition in the comment box below and indicate on the Level 1 form that detailed evaluation is required independent of the building's score.

OBSERVABLE NONSTRUCTURAL HAZARDS

Location	Statement (Check "Yes" or "No")	Yes	No	Comment
Exterior	There is an unbraced unreinforced masonry parapet or unbraced unreinforced masonry chimney.			
	There is heavy cladding or heavy veneer.			
	There is a heavy canopy over exit doors or pedestrian walkways that appears inadequately supported.			
	There is an unreinforced masonry appendage over exit doors or pedestrian walkways.			
	There is a sign posted on the building that indicates hazardous materials are present.			
Interior	There is a taller adjacent building with an unanchored URM wall or unbraced URM parapet or chimney.			
	Other observed exterior nonstructural hazard.			
	There are hollow clay tile or stick partitions at any stair or exit corridor.			
Estimated Nonstructural Seismic Performance (Check appropriate box and transfer to Level 1 form conclusions)	Other observed interior nonstructural hazard.			
	Other observed interior nonstructural hazard.			
	Other observed interior nonstructural hazard.			
Comments:	<input type="checkbox"/> Potential nonstructural hazards with significant threat to occupant life safety → Detailed Nonstructural Evaluation recommended			
	<input type="checkbox"/> Nonstructural hazards identified with significant threat to occupant life safety → But no Detailed Nonstructural Evaluation required			
	<input type="checkbox"/> Low or no nonstructural hazard threat to occupant life safety → No Detailed Nonstructural Evaluation required			

Figura 103. FEMA P-154, baja sismicidad, nivel 2 (Federal Emergency Management Agency, 2015).

9.2 ANEXO 2: FORMULARIO DE EVALUACIÓN NEC

EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES														
DATOS DE LA EDIFICACIÓN														
Dirección:														
Nombre de la edificación :														
Sitio de referencia: Colegio Técnico Aereonáutico														
Tipo de uso:										Fecha de evaluación:				
Año de construcción:										Año de remodelación:				
Área construida (m ²):										Número de pisos:				
DATOS DEL PROFESIONAL														
Nombre del evaluador: Gabriela Alexandra Proaño Pazmiño														
C.I. 1722308648														
Registro SENESCYT														
TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL														
Madera	W1	Pórtico hormigón armado			C1	Pórtico acero laminado			S1					
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico h. armado con muros estructurales			C2	Pórtico acero laminado con diagonales			S2					
Mampostería reforzada	RM	Pórtico h. armado con mampostería confinada sin refuerzo			C3	Pórtico acero doblado en frío			S3					
Mixta acero-hormigón o mixta madera hormigón	MX					H. armado prefabricado			PC	Pórtico acero con paredes mampostería			S5	
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S														
Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5	
Puntaje básico	4.4	1.8	2.8	1.8	2.5	2.8	1.6	2.4	2.6	3.0	2.0	2.8	2.0	
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN														
Baja altura (menor 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4	
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0.3	0.6	0.8	0.3	0.4	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8	
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN														
Irregularidad vertical	-2.5	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1	
Irregularidad en planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN														
Pre-código (construido antes de 1977) o auto construcción	0	-0.2	-1	-1.2	-1.2	-1	-0.2	-0.8	-1	-0.8	-0.8	-0.8	-0.2	
Construido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Post código moderado (construido a partir de 2001)	1	N/A	2.8	1	1.4	2.4	1.4	1	1.4	1.4	1	1.6	1	
TIPO DE SUELO														
Tipo de suelo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	
Tipo de suelo D	0	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	
Tipo de suelo E	0	-0.8	-0.4	-1.2	-1.2	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8	
PUNTAJE FINAL, S														
GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA														
S<2.0	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación													
2.0<S<2.5	Media vulnerabilidad													
S>2.5	Baja vulnerabilidad													
OBSERVACIONES														

Figura 104. Formulario de evaluación NEC (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016) .

9.3 ANEXO 3: TABLA RESUMEN DE RESULTADOS

Número	Nombre edificación	Calle Principal	Latitud	Longitud	Tipo de uso	Año de construcción	Tipología	IRM	Área (m²)	Número de pisos	Código	Tipo de suelo	S	Grado de Vulnerabilidad	IV	IP	Ambas	Tipo de inspección
1	E4-38	Pedro Barrios	-0.136161	-78.481644	Domiciliario	1977	C3	64548	359.6	3	Transición	D	0	Alta	Si	No	SI	Visual
2	Mecánica Altaten	Pedro Barrios	-0.13628	-78.481657	Industrial	2000	S1	23922	23.28	1	Transición	D	2	Alta	No	No	NO	Visual
3	N55-07	Pedro Barrios	-0.136389	-78.48166	Domiciliario	1976	C3	94683	327.64	2	Transición	D	1	Alta	No	No	NO	Visual
4	N54-207	Pedro Barrios	-0.136516	-78.481626	Domiciliario	1970	C3	17122	443.188	3	Pre-código	D	-0.5	Alta	Si	Si	SI	Entrevista
5	N54-195	Pedro Barrios	-0.136627	-78.481639	Domiciliario	1992	C3	56966	503.76	4	Transición	D	-0.1	Alta	Si	No	SI	Entrevista
6	N54-183	Pedro Barrios	-0.136744	-78.481656	Domiciliario	1974	C3	5617	355.91	2	Transición	D	-0.5	Alta	Si	Si	SI	Entrevista
7	N54-171	Pedro Barrios	-0.136847	-78.481676	Domiciliario	1999	C1	74436	312.34	2	Transición	D	1.9	Alta	No	No	NO	Entrevista
8	N54-157	Pedro Barrios	-0.136947	-78.481701	Domiciliario	1993	C3	51571	513.57	4	Transición	D	-0.1	Alta	Si	Si	SI	Entrevista
9	N54-139	Pedro Barrios	-0.137068	-78.481736	Industrial	2010	S1	3508761	246.6	1	Transición	D	3.4	Alta	No	No	NO	Visual
10	N54-129	Pedro Barrios	-0.137176	-78.481729	Domiciliario	2015	C1	3508835	347.5	3	Transición	D	3.3	Mediana	No	No	NO	Entrevista
11	N54-121	Pedro Barrios	-0.137299	-78.481771	Domiciliario	2006	C3	148666	468	3	Código moderno	D	-0.3	Baja	Si	Si	SI	Entrevista
12	N54-109	Pedro Barrios	-0.137382	-78.481789	Domiciliario	1975	C3	11905	309.2	1	Pre-código	D	1	Alta	No	No	NO	Entrevista
13	N54-95	Pedro Barrios	-0.137477	-78.481808	Domiciliario	1976	C3	90466	194.53	1	Código moderno	D	0.5	Baja	No	Si	NO	Visual
14	N54-83	Pedro Barrios	-0.137581	-78.481831	Domiciliario	1986	C3	648882	350	3	Transición	D	1.2	Mediana	No	No	NO	Entrevista
15	N54-69	Pedro Barrios	-0.137704	-78.481827	Domiciliario	2020	S5	31013	N/A	3	Transición	D	2.6	Alta	No	No	NO	Visual
16	N54-57	Pedro Barrios	-0.137835	-78.481843	Industrial	1993	C1	91141	137.66	2	Pre-código	D	0.4	Alta	Si	No	SI	Entrevista
17	N54-41	Pedro Barrios	-0.137927	-78.481846	Domiciliario	2000	C1	67728	N/A	3	Pre-código	D	1.9	Alta	No	No	NO	Visual
18	N54-33	Pedro Barrios	-0.138062	-78.481816	Domiciliario	1994	C3	23937	603.98	4	Transición	D	1.4	Alta	No	No	NO	Entrevista
19	N54-21, 13, 19, 01	Pedro Barrios	-0.138267	-78.481749	Domiciliario, Comercial	1976	C1	23921	659.72	4	Transición	D	-0.3	Alta	Si	Si	SI	Visual
20	E1-51	de los Pinos	-0.138256	-78.4819	Domiciliario, Comercial	2006	C1	613976	N/A	4	Pre-código	D	1.7	Alta	Si	Si	SI	Entrevista
21	E1-45	de los Pinos	-0.138292	-78.482024	Domiciliario, Comercial	2001	C1	11651	162	3	Transición	D	1.9	Alta	No	No	NO	Visual
22	E1-41	de los Pinos	-0.138377	-78.482224	Domiciliario, Industrial	1977	C1	1486	382.14	1	Transición	D	1.9	Alta	No	No	NO	Visual
23	Alatén	Galo Plaza Lasso	-0.136065	-78.481911	Domiciliario, Comercial	1990	C1	31427	880.29	5	Código moderno	D	0.3	Baja	Si	Si	SI	Visual
24	N55-40	Galo Plaza Lasso	-0.136233	-78.481973	Domiciliario	1976	C3	68867	117.68	1	Pre-código	D	1	Alta	No	No	NO	Visual
25	N55-18, 55-22	Galo Plaza Lasso	-0.136355	-78.48197	Domiciliario, Comercial	1990	C1	46357	928.94	5	Código moderno	D	0.3	Baja	Si	Si	SI	Visual
26	N55-02, 55-04, 55-06	Galo Plaza Lasso	-0.136513	-78.481992	Domiciliario, Comercial	1980	MX	46359	513.15	3	Transición	D	-0.3	Alta	Si	No	SI	Visual
27	N54-200, 54-204	Galo Plaza Lasso	-0.136656	-78.482037	Domiciliario, Comercial	1990	C1	94260	439.02	2	Código moderno	D	1.4	Alta	No	Si	NO	Visual
28	N54-168	Galo Plaza Lasso	-0.13682	-78.482062	Domiciliario, Comercial	2010	C1	35172998	3300	4	Pre-código	D	3.7	Alta	No	No	NO	Visual
29	N54-150	Galo Plaza Lasso	-0.137104	-78.482076	Domiciliario	1976	C3	37241	720.83	2	Transición	D	0.5	Alta	No	Si	NO	Visual
30	Galpón Tobar	Galo Plaza Lasso	-0.137276	-78.482079	Industrial	2010	S3	37237	405.47	1	Código moderno	D	2.6	Mediana	No	No	NO	Visual
31	N54-116, 54-112	Galo Plaza Lasso	-0.137388	-78.482135	Domiciliario, Comercial	1990	C3	51168	858.77	5	Código moderno	D	2.3	Alta	No	No	NO	Visual
32	N54-102, 54-108	Galo Plaza Lasso	-0.137566	-78.482141	Domiciliario, Comercial	1990	C1	56265	454.52	2	Pre-código	D	-0.1	Alta	Si	Si	SI	Visual
33	N54-82	Galo Plaza Lasso	-0.137715	-78.482118	Domiciliario	1976	C3	37238	380.72	2	Transición	D	0.5	Alta	No	Si	NO	Visual
34	N54-66	Galo Plaza Lasso	-0.13786	-78.482187	Domiciliario, Comercial	1980	C1	352564	241.35	3	Transición	D	0.4	Alta	Si	No	SI	Visual
35	N54-48	Galo Plaza Lasso	-0.138	-78.4822	Domiciliario, Comercial	2005	C1	84599	913.66	4	Código moderno	D	1.7	Baja	Si	Si	SI	Visual
36	N54-34, 54-44	Galo Plaza Lasso	-0.138163	-78.482239	Domiciliario, Comercial	1998	C1	N/A	344.5	2	Transición	D	1.9	Alta	No	No	NO	Visual
37	E4-15	Oruña	-0.13765	-78.48159	Domiciliario	1980	C3	78037	251.24	2	Transición	D	-0.5	Alta	Si	Si	SI	Entrevista
38	E4-21	Oruña	-0.137588	-78.481499	Domiciliario	1970	C3	21157	171.69	1	Pre-código	D	1	Alta	No	No	NO	Entrevista
39	E4-41	Oruña	-0.137577	-78.481378	Domiciliario	2000	C1	242361	471.65	2	Transición	D	1.9	Alta	No	No	NO	Visual
40	N54-81	Emilio Estrada	-0.137543	-78.481244	Domiciliario	1982	C3	5507	426.25	3	Transición	D	-0.3	Alta	Si	Si	SI	Visual
41	N54-103	Emilio Estrada	-0.137371	-78.481282	Domiciliario	1976	C3	26281	242.88	1	Transición	D	0.5	Alta	No	Si	NO	Visual
42	N54-121	Emilio Estrada	-0.137234	-78.481335	Domiciliario	1990	C1	36536	414.84	3	Transición	D	-0.1	Alta	Si	Si	SI	Visual
43	N54-139	Emilio Estrada	-0.137073	-78.481295	Domiciliario	1985	C1	36535	563.26	3	Pre-código	D	1.4	Alta	No	Si	NO	Visual
44	N54-157	Emilio Estrada	-0.136923	-78.481346	Domiciliario	1987	C1	38237	419.52	3	Código moderno	D	1.4	Alta	No	Si	NO	Visual
45	N54-173	Emilio Estrada	-0.136808	-78.48137	Domiciliario	1992	MX	57645	398.03	3	Transición	D	0.7	Alta	No	Si	NO	Entrevista
46	N54-186	Pedro Barrios	-0.136623	-78.48147	Domiciliario	1978	MX	14006	262.59	2	Transición	D	1.2	Alta	No	No	NO	Entrevista
47	N54-174	Pedro Barrios	-0.136816	-78.481496	Domiciliario, Comercial	1992	MX	57645	398.03	3	Transición	D	0.7	Alta	No	Si	NO	Entrevista
48	N54-158	Pedro Barrios	-0.136934	-78.481523	Domiciliario	1987	C1	38237	419.52	2	Transición	D	1.4	Alta	No	Si	NO	Entrevista
49	N54-142	Pedro Barrios	-0.137095	-78.481531	Domiciliario	2019	S4	94446	N/A	3	Transición	D	2.3	Alta	Si	Si	SI	Entrevista
50	N54-122	Pedro Barrios	-0.137266	-78.481577	Domiciliario	1983	C3	79906	283.69	3	Pre-código	D	0.5	Alta	No	Si	NO	Entrevista
51	N54-102	Pedro Barrios	-0.137414	-78.481614	Domiciliario	1980	C3	1215896	568	4	Transición	D	-0.1	Alta	Si	Si	SI	Entrevista

Tabla 5. Resumen de resultados formulario de evaluación NEC (Proaño G., 2021).