



**Universidad de Guayaquil**

**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A  
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERO CIVIL**

**ESTRUCTURAS**

**ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN DE  
8 NIVELES CON EDIFICIOS CONTIGUOS CON LOSAS ALINEADAS Y  
NO ALINEADAS**

**AUTOR:** ANTHONY JOSUE TERAN IBARRA

**TUTOR:** DANIEL DOUGLAS ITÚRBURU SALVADOR

**GUAYAQUIL, OCTUBRE 2021**

## **Agradecimiento**

Agradezco a cada uno de mis maestros que supieron guiarme en el proceso de formación como ingeniero civil, con sus enseñanzas y sabios conocimientos para llegar a este feliz término.

Por su apoyo desinteresado al Ing. Douglas Iturburu, que como director de esta investigación fue mi guía.

A todos y cada uno de mis compañeros de banca, que se convirtieron en mis amigos que día a día y con trabajo en equipo me animaron y ayudaron a que me levante una y otra vez, los llevare en mi corazón, fueron mis mejores años de vida.

Anthony Josué Terán Ibarra

## **Dedicatoria**

Dedico mi conocimiento plasmado en este proyecto de titulación a mi madre, mi eterna gratitud a ella, quien con mucho amor, dedicación, paciencia y firmeza supo formarme en valores para que pueda alcanzar las metas que me proponga. A mi familia, quienes supieron aconsejarme y apoyarme a lo largo de esta ardua pero satisfactoria trayectoria.

Sé que se sentirán muy orgullosos del ser que formaron.

Anthony Josué Terán Ibarra

## **Declaración Expresa**

**Artículo XI.- del Reglamento Interno de Graduación de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.**

La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este trabajo de titulación corresponden exclusivamente al autor y al Patrimonio Intelectual de la Universidad de Guayaquil



**Anthony Josué Terán Ibarra**



## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Firmado digitalmente por:  
ANGELA  
PATRICIA

**ING. ANGELA VILLA RIOS, MSc.**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Firmado digitalmente por:  
ALEXIS JAVIER  
JAMA ZAMBRANO

**ING. ALEXIS JAMA ZAMBRANO, MSc.**  
**VOCAL**

Firmado  
digitalmente por  
LENIN MARCELO  
MONCAYO  
THEURER

**ING. MARCELO MONCAYO THEURER, MSc.**  
**VOCAL**

Nombre: Anthony Josué Terán Ibarra



ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE- TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS  
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

---

Guayaquil,

**Ingeniero**  
**Javier Córdova Rizo, MSc.**  
**DIRECTOR DE LA CARRERA CIVIL**  
**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS**  
**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**Ciudad. -**

**De mis consideraciones:**

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación “ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN DE 8 NIVELES CON EDIFICIOS CONTIGUOS CON LOSAS ALINEADAS Y NO ALINEADAS”, del estudiante **TERAN IBARRA ANTHONY JOSUE**, indicando que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el estudiante está apto para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:  
**DANIEL DOUGLAS**  
**ITURBURU**  
**SALVADOR**

---

**Ing. Daniel Douglas Iturburu Salvador**  
**C.C.: 0907589154**  
**FECHA: 16/09/2021**

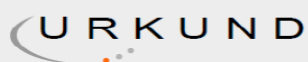


## ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

FACULTAD: **CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS**  
CARRERA: **INGENIERÍA CIVIL**

Habiendo sido nombrado DANIEL ITURBURU SALVADOR, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por TERAN IBARRA ANTHONY JOSUE con CI: 0932069297, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de: INGENIERO CIVIL.

Se informa que el trabajo de titulación: **ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN DE 8 NIVELES CON EDIFICIOS CONTIGUOS CON LOSAS ALINEADAS Y NO ALINEADAS**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio URKUND quedando el 4% de coincidencia.



### Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis Anthony - Para enviar v1.docx (D112730192)  
Submitted: 9/16/2021 6:40:00 PM  
Submitted By: douglas.iturburu@ug.edu.ec  
Significance: 4 %

#### Sources included in the report:

20190123 Albarracín Augusto.pdf (D47159515)  
Ballesteros Salazar Kevin & Caizaguano Montero Diego URKUND.docx (D77551559)  
TESIS-GALLARDO ROMEL.pdf (D105635359)  
Tesis - Barreno Sánchez Ivette Thalía.pdf (D111000610)  
<https://docplayer.es/162190901-Universidad-central-del-ecuador.html>  
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12655/Tesis%20Almagro%20-%20Paredes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

#### Instances where selected sources appear:

16



Firmado electrónicamente por:  
DANIEL DOUGLAS  
ITURBURU  
SALVADOR

Ing. Daniel Douglas Iturburu Salvador  
C.C.: 0907589154  
FECHA: 16/09/2021



**ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR**  
**FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS**  
**CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

---

Guayaquil, 01 de octubre del 2021

Ingeniero  
 Javier Córdova Rizo, MSc.  
 DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL  
 FACULTAD CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS  
 UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
 Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. El informe correspondiente a la **REVISIÓN FINAL** del Trabajo de Titulación **"ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN DE 8 NIVELES CON EDIFICIOS CONTIGUOS CON LOSAS ALINEADAS Y NO ALINEADAS"** del estudiante **ANTHONY JOSUÉ TERÁN IBARRA**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

**Cumplimiento de requisitos de forma:**

- El título tiene un máximo de 19 palabras.
- La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.
- El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.
- La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.
- Los soportes teóricos son de máximo 10 años.
- La propuesta presentada es pertinente.

**Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:**

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante **ANTHONY JOSUÉ TERÁN IBARRA** está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



FIRMA DIGITALIZADA POR:  
**ALEXIS JAVIER**  
**JAMA ZAMBRANO**

Ing. Alexis Javier Jama Zambrano MSc.  
 C.C. 092833943-1  
 FECHA: 01-OCTUBRE-2021



**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA  
INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA  
CON FINES NO ACADÉMICOS**

**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES  
NO ACADÉMICOS**

Yo, ANTHONY JOSUE TERAN IBARRA, con C.I. No. 0932069297; certifico que el contenido desarrollado en este trabajo de titulación, cuyo título es "ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN DE 8 NIVELES CON EDIFICIOS CONTIGUOS CON LOSAS ALINEADAS Y NO ALINEADAS" es de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN\*, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

**Anthony Josué Terán Ibarra**

**C.C. 0932069297**

## INDICE GENERAL

### CAPÍTULO I

#### Generalidades

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 1.1 Introducción.....                 | 1 |
| 1.2 Planteamiento del Problema.....   | 1 |
| 1.3 Justificación e Importancia.....  | 3 |
| 1.4 Objetivo de la investigación..... | 3 |
| 1.4.1 Objetivo General.....           | 3 |
| 1.4.2 Objetivos específicos.....      | 3 |
| 1.5 Metodología.....                  | 4 |

### CAPÍTULO II

#### Marco Teórico

|                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 Sismicidad y Geodinámica del Ecuador.....                                                                                                             | 5  |
| 2.1.1 Sismicidad.....                                                                                                                                     | 5  |
| 2.1.2 Geodinámica.....                                                                                                                                    | 6  |
| 2.2 Sismo.....                                                                                                                                            | 7  |
| 2.2.1 Zonificación Sísmica.....                                                                                                                           | 7  |
| 2.2.2 Vulnerabilidad sísmica.....                                                                                                                         | 8  |
| 2.2.3 Clases de Vulnerabilidad Sísmica.....                                                                                                               | 10 |
| 2.2.3.1 Vulnerabilidad Estructural.....                                                                                                                   | 10 |
| 2.2.3.2 Vulnerabilidad No Estructural.....                                                                                                                | 11 |
| 2.2.4 Riesgo Sísmico.....                                                                                                                                 | 11 |
| 2.3 Métodos para evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones.....                                                                            | 12 |
| 2.3.1 Propuesta metodológica de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR).....                                                                  | 13 |
| 2.3.2 Metodología la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, propuesta en la Guía Práctica para Evaluación Sísmica y Rehabilitación de Estructuras..... | 19 |
| 2.3.3 Método ATC 21 (FEMA P-154).....                                                                                                                     | 35 |

### CAPÍTULO III

#### Análisis de Vulnerabilidad Sísmica Aplicando el Método Mecánico no Lineal Estático (Pushover) Utilizando el Software ETABS

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.1 Sistema Porticado.....                                | 56 |
| 3.1.2 Viga, Columna y Losa.....                             | 56 |
| 3.1.3 Código ACI 318-19.....                                | 57 |
| 3.1.4 Código AISC 360-16.....                               | 57 |
| 3.1.5 Norma NEC-15.....                                     | 57 |
| 3.1.6 Espectro de Respuesta Sísmica.....                    | 57 |
| 3.1.7 Análisis no Lineal Estático Pushover.....             | 57 |
| 3.1.8 Parámetros Utilizados en el Análisis Estructural..... | 59 |
| 3.1.9 Parámetros del Espectro de Respuesta Sísmica.....     | 61 |
| 3.2 Metodología Pushover.....                               | 61 |

|                                                                                                                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.1 Condiciones para Realizar Pushover.....                                                                                                                                                                                      | 61 |
| 3.2.2 Fuerzas Laterales.....                                                                                                                                                                                                       | 62 |
| 3.2.3 Rotulas Plásticas en los Elementos.....                                                                                                                                                                                      | 63 |
| 3.2.4 Caso de Carga no Lineal Pushover.....                                                                                                                                                                                        | 66 |
| 3.2.5 Espectro de Demanda Sísmica.....                                                                                                                                                                                             | 67 |
| 3.2.6 Análisis Pushover.....                                                                                                                                                                                                       | 70 |
| 3.2.6.1 Análisis de la Rotulas Plásticas.....                                                                                                                                                                                      | 70 |
| 3.2.6.2 Resultados del Método de los Coeficiente ASCE 41-13.....                                                                                                                                                                   | 74 |
| 3.2.6.3 Límites de Aceptación.....                                                                                                                                                                                                 | 75 |
| 3.3 Análisis de Vulnerabilidad Sísmica Aplicando la Metodología Propuesta por la<br>Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR).....                                                                                          | 88 |
| 3.4 Análisis de Vulnerabilidad Sísmica aplicando la Metodología Propuesta en la<br>Guía Práctica para Evaluación Sísmica y Rehabilitación de Estructuras, de<br>Conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)..... | 90 |
| 3.5 Análisis de Vulnerabilidad Sísmica Aplicando el Método FEMA P-154.....                                                                                                                                                         | 94 |

## **CAPÍTULO IV**

### **Resultados**

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1 Observaciones Finales del Análisis no Lineal Estático (Pushover).....     | 99  |
| 4.2 Resultado de Comparación de Datos Obtenidos en los Análisis Efectuados... | 99  |
| 4.3 Evaluación del Riesgo de Construir Edificaciones Contiguas.....           | 100 |
| 4.4 Determinación de la Importancia del Uso de Juntas Sísmicas.....           | 100 |

## **CAPÍTULO V**

### **Conclusiones y Recomendaciones**

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| 5.1 Conclusiones y Recomendaciones ..... | 102 |
|------------------------------------------|-----|

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## Índice de Ilustraciones

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Ilustración 1:</b> Geodinámica de la peligrosidad sísmica del Ecuador.....                 | 6  |
| <b>Ilustración 2:</b> Zonas sísmicas del Ecuador .....                                        | 8  |
| <b>Ilustración 3:</b> Relación Amenaza - Vulnerabilidad – Riesgo .....                        | 9  |
| <b>Ilustración 4:</b> Edificio que colapsó en el terremoto de abril 2016 en Manabí.....       | 10 |
| <b>Ilustración 5:</b> Irregularidad vertical: Irregularidad geométrica.....                   | 24 |
| <b>Ilustración 6:</b> Irregularidad vertical: Irregularidad por ubicación .....               | 24 |
| <b>Ilustración 7:</b> Irregularidad vertical: Piso débil .....                                | 25 |
| <b>Ilustración 8:</b> Irregularidad vertical: Columna corta o larga .....                     | 25 |
| <b>Ilustración 9:</b> Irregularidad ejes verticales discontinuos soportados por columnas..... | 25 |
| <b>Ilustración 10:</b> Irregularidad vertical: distribución de masa.....                      | 26 |
| <b>Ilustración 11:</b> Irregularidad vertical: piso flexible en elevación .....               | 26 |
| <b>Ilustración 12:</b> Irregularidad vertical: adiciones .....                                | 27 |
| <b>Ilustración 13:</b> Irregularidad en planta: configuración en planta .....                 | 27 |
| <b>Ilustración 14:</b> Irregularidad en planta; Discontinuidad en el sistema de piso .....    | 28 |
| <b>Ilustración 15:</b> Irregularidad en planta: ejes estructurales no paralelos.....          | 28 |
| <b>Ilustración 16:</b> Irregularidad en planta: torsional.....                                | 29 |
| <b>Ilustración 17:</b> Irregularidad en plantas: adiciones .....                              | 29 |
| <b>Ilustración 18:</b> Irregularidades verticales .....                                       | 40 |
| <b>Ilustración 19:</b> Irregularidades de planta, según FEMA- P-154 .....                     | 41 |
| <b>Ilustración 20:</b> Formula cuando existe una estructura colindante.....                   | 48 |
| <b>Ilustración 21:</b> Formula cuando existe una estructura colindante con separación .....   | 49 |
| <b>Ilustración 22:</b> Formula cuando existe estructura colindante sin separación.....        | 49 |
| <b>Ilustración 23:</b> Formula en estructura colindante con cotas que no coinciden .....      | 49 |
| <b>Ilustración 24:</b> Formula para estructuras adosadas.....                                 | 49 |



|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Ilustración 25:</b> Separación de edificios colindantes .....                                                                             | 51 |
| <b>Ilustración 26:</b> Coeficientes en función del tipo de cemento para mampostería....                                                      | 52 |
| <b>Ilustración 27:</b> Separación sísmica en cualquier piso según Norma Colombiana.                                                          | 53 |
| <b>Ilustración 28:</b> Separación entre edificaciones según el (RNC). Perú .....                                                             | 54 |
| <b>Ilustración 29:</b> Junta sísmica .....                                                                                                   | 55 |
| <b>Ilustración 30:</b> Modelo 3D.....                                                                                                        | 62 |
| <b>Ilustración 31:</b> Caso de Carga Gravitacional No Lineal creada. ....                                                                    | 64 |
| <b>Ilustración 32:</b> Vista en planta #3 con ubicación de rotulas plásticas en las vigas                                                    | 65 |
| <b>Ilustración 33:</b> Vista en perfil con ubicación de rotulas plásticas en las columnas                                                    | 65 |
| <b>Ilustración 34:</b> Caso de carga Pushover en sentido X.....                                                                              | 66 |
| <b>Ilustración 35:</b> Caso de carga Pushover en sentido “Y” .....                                                                           | 67 |
| <b>Ilustración 36:</b> Espectro de demanda para 43 años .....                                                                                | 68 |
| <b>Ilustración 37:</b> Espectro de demanda para 72 años .....                                                                                | 68 |
| <b>Ilustración 38:</b> Espectro de demanda para 475 años .....                                                                               | 69 |
| <b>Ilustración 39:</b> Espectro de demanda para 975 años .....                                                                               | 69 |
| <b>Ilustración 40:</b> Espectro de demanda para 1500 años .....                                                                              | 70 |
| <b>Ilustración 41:</b> Curva de Capacidad de la estructura del Pushover en X.....                                                            | 71 |
| <b>Ilustración 42:</b> Rotulas plásticas límite de Colapso Total del Pushover en X .....                                                     | 72 |
| <b>Ilustración 43:</b> Curva de Capacidad de la estructura del Pushover en Y.....                                                            | 73 |
| <b>Ilustración 44:</b> Rotulas plásticas límite de Colapso Total del Pushover en Y .....                                                     | 74 |
| <b>Ilustración 45:</b> Gráfica de la Bilinealización del Pushover en X.....                                                                  | 74 |
| <b>Ilustración 46:</b> Grafica de la Bilinealización del Pushover en Y .....                                                                 | 75 |
| <b>Ilustración 47:</b> Curva capacidad con límites aceptación de un sismo de 43 años .                                                       | 75 |
| <b>Ilustración 48:</b> Curva de capacidad con los límites de aceptación de un sismo de 72 años con Pushover aplicado en el sentido “x” ..... | 76 |

- Ilustración 49:** Curva capacidad con límites aceptación de sismo de 475 años ... 77
- Ilustración 50:** Curva de capacidad con límites aceptación de sismo de 975 años 78
- Ilustración 51:** Curva de capacidad con límites aceptación de sismo de 1500 años 79
- Ilustración 52:** Curva de capacidad con límites aceptación de sismo de 43 años 81
- Ilustración 53:** Curva de capacidad con límites aceptación de sismo de 72 años .82
- Ilustración 54:** Curva de capacidad con límites aceptación de sismo de 475 años Y83
- Ilustración 55:** Curva de capacidad con límites aceptación de sismo de 975 años Y84
- Ilustración 56:** Curva capacidad con límites aceptación de sismo de 1500 años Y85

## Índice de Tablas

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1:</b> Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.....          | 7  |
| <b>Tabla 2:</b> Variables e Indicadores para Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones. ... | 17 |
| <b>Tabla 3:</b> Índices de vulnerabilidad para amenaza sísmica .....                      | 18 |
| <b>Tabla 4:</b> Nivel de vulnerabilidad - Metodología SNGR.....                           | 19 |
| <b>Tabla 5:</b> Datos de la edificación.....                                              | 20 |
| <b>Tabla 6:</b> Datos del profesional .....                                               | 21 |
| <b>Tabla 7:</b> Tipología del sistema estructural .....                                   | 22 |
| <b>Tabla 8:</b> Valoración básica .....                                                   | 22 |
| <b>Tabla 9:</b> Indicadores                                                               | 23 |
| <b>Tabla 10:</b> Valoración grado vulnerabilidad sísmica Formato NEC                      | 33 |
| <b>Tabla 11:</b> Formulario Evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica            | 34 |
| <b>Tabla 12:</b> Región sísmica según aceleración espectral .....                         | 36 |
| <b>Tabla 13:</b> Tipo de suelo .....                                                      | 37 |
| <b>Tabla 14:</b> Puntaje básico y modificadores .....                                     | 38 |
| <b>Tabla 15:</b> Interpretación de resultados sobre la base de índices de vulnerabilidad  | 42 |
| <b>Tabla 16:</b> Clasificación del daño para estructuras de concreto .....                | 43 |
| <b>Tabla 17:</b> Formulario de encuesta nivel 1.....                                      | 44 |
| <b>Tabla 18:</b> Formulario de encuesta nivel 2.....                                      | 45 |
| <b>Tabla 19:</b> Formulario encuesta nivel 1 (zona de sismicidad moderadamente alta)      | 46 |
| <b>Tabla 20:</b> Formulario encuesta nivel 2 (zona con sismicidad moderadamente alta)     | 47 |
| <b>Tabla 21:</b> Separación mínima de edificaciones .....                                 | 48 |
| <b>Tabla 22:</b> Valores cortante basal .....                                             | 62 |
| <b>Tabla 23:</b> Rotulas Plásticas en los pasos del Pushover en X .....                   | 70 |
| <b>Tabla 24:</b> Rotulas Plásticas en los pasos del Pushover en Y .....                   | 72 |

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 25:</b> Análisis de ductilidad .....                                       | 76 |
| <b>Tabla 26:</b> Análisis del factor de reducción sísmica R.....                    | 76 |
| <b>Tabla 27:</b> Análisis de ductilidad .....                                       | 77 |
| <b>Tabla 28:</b> Análisis del factor de reducción sísmica R.....                    | 77 |
| <b>Tabla 29:</b> Análisis de ductilidad .....                                       | 78 |
| <b>Tabla 30:</b> Análisis del factor de reducción sísmica R.....                    | 78 |
| <b>Tabla 31:</b> Análisis de ductilidad .....                                       | 79 |
| <b>Tabla 32:</b> Análisis del factor de reducción sísmica R.....                    | 79 |
| <b>Tabla 33:</b> Análisis de ductilidad .....                                       | 80 |
| <b>Tabla 34:</b> Análisis del factor de reducción sísmica R.....                    | 80 |
| <b>Tabla 35:</b> Resumen de desplazamientos de sismo de demanda en sentido X.....   | 80 |
| <b>Tabla 36:</b> Análisis de ductilidad .....                                       | 81 |
| <b>Tabla 37:</b> Análisis del factor de reducción sísmica R.....                    | 82 |
| <b>Tabla 38:</b> Análisis de ductilidad .....                                       | 82 |
| <b>Tabla 39:</b> Análisis del factor de reducción sísmica R.....                    | 83 |
| <b>Tabla 40:</b> Análisis de ductilidad .....                                       | 83 |
| <b>Tabla 41:</b> Análisis del factor de reducción sísmica R.....                    | 84 |
| <b>Tabla 42:</b> Análisis de ductilidad .....                                       | 84 |
| <b>Tabla 43:</b> Análisis del factor de reducción sísmica R.....                    | 85 |
| <b>Tabla 44:</b> Análisis de ductilidad .....                                       | 85 |
| <b>Tabla 45:</b> Análisis del factor de reducción sísmica R.....                    | 86 |
| <b>Tabla 46:</b> Resumen de los desplazamientos sismo de demanda en sentido “y”. .. | 86 |



RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)  
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Título** del Trabajo de Titulación: “Análisis de vulnerabilidad sísmica de una edificación de 8 niveles con edificios contiguos con losas alineadas y no alineadas”

**Autor:** Anthony Josué Terán Ibarra

**Tutor:** Ing. Douglas Daniel Iturburu Salvador

**RESUMEN**

La presente investigación se desarrolló con el propósito de analizar y evaluar la vulnerabilidad sísmica en una edificación.

Se tomó como referencia metodologías existentes en Ecuador y el método ATC21 (que incluye el formulario FEMA P-154), que permitieron obtener los indicadores suficientes que permitió determinar que toda edificación siempre estará expuesta a peligro latente, por lo cual deberá realizarse su estudio conforme lo determinan el código y normas de construcción, con la finalidad de precautelar las vidas humanas.

El estudio realizado permitió determinar la vulnerabilidad existente al estar en contigüidad con construcciones de losas alineadas y no alineadas, y es necesario tomar en cuenta las causas y efectos que pueden producir estas. Por ello se recomienda la construcción de juntas sísmicas lo que permitirá que exista la separación suficiente y así evitar el golpeteo o pounding.

**PALABRAS CLAVES:** ANALISIS - VULNERABILIDAD SÍSMICA- EDIFICACIÓN- LOSAS- ALINEADAS Y NO ALINEADAS.



RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLÉS)  
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**Title** of Degree Work Carried Out: Seismic vulnerability analysis of an 8-story building with adjoining buildings with aligned and non-aligned slabs

**Author:** Anthony Josue Terán Ibarra

**Advisor:** Ing. Douglas Daniel Iturburu Salvador

**ABSTRACT**

This research was developed with the purpose of analyzing and evaluating the seismic vulnerability of a building.

Existing methodologies in Ecuador and the ATC21 method were used as a reference, which allowed obtaining sufficient indicators that allowed determining that every building will always be exposed to latent danger, so its study should be carried out according to the building code and standards, in order to protect human lives.

The study carried out made it possible to determine the existing vulnerability due to the contiguity of aligned and non-aligned slab constructions, and it is necessary to take into account the causes and effects that these can produce. Therefore, the construction of seismic joints is recommended, which will allow for sufficient separation and thus avoid pounding.

**KEYWORDS:** SEISMIC VULNERABILITY, SEISMIC ANALYSIS AND EVALUATION, EVALUATION METHODOLOGIES, CONTIGUITY, ALIGNED SLABS

# **CAPÍTULO I**

## **Generalidades**

### **1.1 Introducción**

Nuestro país, se encuentra en la zona de mayor peligrosidad sísmica a nivel mundial, ya que se sitúa en el denominado cinturón circunpacifico, que de acuerdo con estudios profundos realizados es donde se libera la mayor cantidad de energía sísmica, por ello las edificaciones son vulnerables a sufrir daños por sismos de gran magnitud o por irregularidades en el proceso de construcción, lo que conlleva a pérdidas económicas y muchas veces humanas.

El presente estudio se ejecuta en Quevedo que es el cantón más poblado de la Provincia de Los Ríos en Ecuador, sus habitantes son aproximadamente 213.842 de acuerdo con los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, el área es de 303 km<sup>2</sup> está distribuida en 9 parroquias urbanas y dos parroquias rurales. El presente estudio se centra en la parroquia central Quevedo, considerada cabecera cantonal, que posee actualmente 158.694 habitantes.

El objeto del presente estudio analiza la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 8 niveles construida en el centro de la ciudad de Quevedo, la cual posee edificaciones contiguas con losas alineadas y no alineadas, aplicando la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) mediante metodología FEMA 154.

### **1.2 Planteamiento del Problema**

A raíz del siniestro ocurrido el 16 de abril del 2016, fecha en la cual se produjo un terremoto en Ecuador de 7,8 grados en la escala de Richter, donde fueron afectadas directamente las provincias de Esmeraldas, Manabí, Santo Domingo de los Tsáchilas, Guayas, Los Ríos y Santa Elena, provocando el colapso de cientos de estructuras y la pérdida de miles de vidas humanas. Los estudios realizados revelaron que el colapso de la mayoría de las estructuras fue ocasionado por el uso de arena de mar para la elaboración del hormigón, sin embargo, también influyeron factores como: irregularidades geométricas tanto en planta como en

elevación, columnas cortas, ejes estructurales no paralelos, primer piso blando, baja resistencia lateral y contigüidad de edificios con losas alineadas y no alineadas.

Antes de la creación de las normativas y códigos de construcción actualmente vigentes que gobiernan, controlan y regulan los procesos constructivos, las personas realizaban construcciones informales, las cuales no contaban con un diseño y cálculos estructurales apropiados acorde a su composición y necesidad ocupacional, en aquel entonces se desconocía sobre de la ingeniería sísmica y el diseño sismorresistente. Sin lugar a duda estas construcciones informales son muy vulnerables y propensas a sufrir daños severos ante eventos sísmicos.

Uno de los errores más visibles en cuanto al tema de las construcciones informales, más allá de no haber construido con un diseño y cálculo estructural, es el hecho de que no se respetaba o no se consideraba un espaciamiento prudente al momento de construir a lado de una edificación ya consolidada.

Actualmente con las normativas y códigos vigentes de construcción, en el Ecuador las Normas Ecuatorianas de Construcción (NEC-2015) en su capítulo de Peligro Sísmico estipula fórmulas para determinar el espaciamiento lateral entre edificaciones adyacentes, las mismas que deben ser consideradas en los cálculo y diseños estructurales.

Se conoce como golpeteo o "pounding" a la colisión que se presenta entre 2 edificaciones aledañas cuando no se deja entre ellas una separación adecuada que permita la deformación de cada edificación sin que se golpeen entre sí. El problema de 2 edificaciones adyacentes, que se golpean entre sí durante un evento sísmico está relacionado con dos temas importantes en la configuración, el primero son las juntas de separación (espacio que debe existir entre 2 estructuras conectadas arquitectónicamente para formar un solo edificio) y segundo, la rigidez (falta de flexibilidad de un edificio que le imposibilita desplazarse en las plantas superiores).

El golpeteo entre edificios se incluye en el estudio de los temas de configuración porque se relaciona con la localización del edificio en relación con otros edificios adyacentes. Como ya se ha estudiado antes, los edificios bajos son más rígidos, y si se tiene un proyecto que



considera la construcción de un edificio alto adyacente a un edificio bajo, se debe considerar una separación adecuada que no perjudique a la nueva edificación.

En base a esta problemática existente, he decidido realizar el análisis de vulnerabilidad sísmica a una edificación de 8 niveles construida en la ciudad de Quevedo, provincia de Los Ríos, la cual presenta contigüidad de edificios con losas alineadas y no alineadas.

### **1.3 Justificación e Importancia**

La contigüidad de edificios tanto con losas alineadas y no alineadas al momento de presentarse un evento sísmico, incide o influye en el comportamiento estructural de las edificaciones colindantes o adyacentes, debido a que éstas chocarán entre sí al momento de producirse las derivas de entrepiso generadas por el vaivén de la estructura debido a la vibración del suelo producida por las ondas sísmicas, generándose de este modo el fenómeno de golpeteo o “pounding” que puede ocasionar el colapso de la estructura. También es de consideración que las edificaciones adyacentes con losas no alineadas impiden o restringen el desplazamiento de las columnas adyacentes a ella, lo cual genera indirectamente el fenómeno de columna corta. Por estas razones es importante realizar un análisis de vulnerabilidad sísmica con la finalidad de evaluar el riesgo de construir edificaciones contiguas sin considerar un espaciamiento adecuado entre ellas y determinar la vulnerabilidad sísmica de la edificación en estudio.

### **1.4 Objetivo de la Investigación**

#### **1.4.1 Objetivo General.**

Analizar la vulnerabilidad sísmica de una edificación de 8 niveles con edificios contiguos con losas alineadas y no alineadas, construida en la ciudad de Quevedo, provincia de Los Ríos.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos.**

- Determinar la vulnerabilidad sísmica de la edificación mediante el análisis no lineal estático (PushOver) utilizando el software ETABS.
- Determinar la vulnerabilidad sísmica utilizando la metodología SNGR

- Determinar la vulnerabilidad sísmica utilizando la metodología NEC
- Determinar la vulnerabilidad sísmica utilizando la metodología FEMA P-154
- Evaluar el riesgo de construir edificaciones contiguas.
- Comparar los resultados obtenidos mediante estas metodologías.

## **1.5 Metodología**

Para el desarrollo del presente proyecto de titulación, se aplicará el método mecánico que incluye el método analítico basado en el modelo simple y detallado, que generalmente se utilizan para la evaluación de estructuras individuales, debido a que involucran análisis detallado y un modelo más refinado. Este procedimiento utiliza el análisis no lineal estático (PushOver) el cual representa de manera más apegada el comportamiento real de la estructura bajo acciones de un movimiento de terreno o carga lateral, ya que aquí se considera dicho comportamiento más allá de su rango elástico. Como metodologías adicionales se utilizarán: la propuesta por el Sistema Nacional de Gestión de Riesgos y el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda; así como la que propone la Norma Ecuatoriana de Construcción y el método del coeficiente de desplazamiento ATC 21 que incluye como técnica la encuesta FEMA P-154, éste último nos permitirá describir un procedimiento rápido para identificar el edificio que supone grave riesgo, pérdida de vidas humanas y lesiones, o de los servicios comunitarios, en caso de un terremoto, su metodología está basada en una encuesta de campo, enfoque que consiste en la identificación del sistema resistente estructural primario y su material de construcción, y la asignación de puntuación básica de riesgos estructurales y los modificadores de rendimiento basado en las características de construcción observada.

## **CAPÍTULO II**

### **Marco Teórico**

#### **2.1 Sismicidad y Geodinámica del Ecuador**

##### **2.1.1 Sismicidad.**

Debido a que nuestro país (Ecuador) se encuentra atravesado por una gran falla geológica, producida por la subducción de la placa de Nazca (situada en el océano) con la placa Sudamericana, es propenso a sufrir eventos sísmicos y terremotos cada año.

Los eventos sísmicos como temblores o sismos son fenómenos físicos naturales que no ocasionan daños materiales o económicos perceptibles ni pérdidas humanas. A diferencia de los terremotos que también son eventos sísmicos, estos sí ocasionan daños perceptibles de toda índole, destruyendo toda infraestructura construida sobre el suelo, dejando devastación total y pérdidas humanas a lo largo de toda su trayectoria y recorrido.

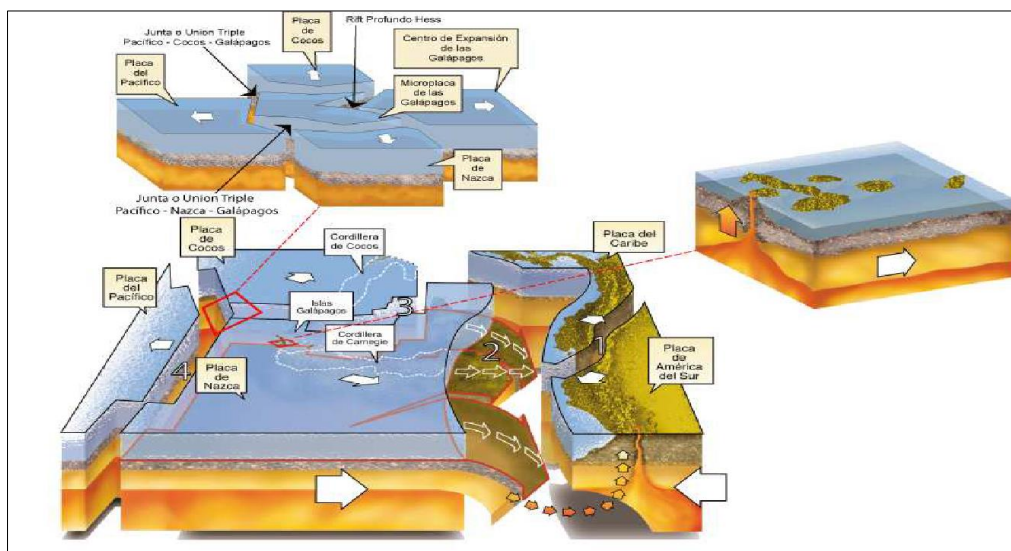
Sin lugar a duda, el evento sísmico que marcó la historia de nuestro país fue el terremoto producido el 16 de abril del 2016, el cual alcanzó una ponderación de 7.8 grados en la escala de Richter, donde fueron afectadas directamente las provincias de Esmeraldas, Manabí, Santo Domingo de los Tsáchilas, Guayas, Los Ríos y Santa Elena, provocando el colapso de cientos de estructuras y la pérdida de miles de vidas humanas. Los estudios realizados revelaron que el colapso de la mayoría de las estructuras fue ocasionado por el uso de arena de mar para la elaboración del hormigón, sin embargo, también influyeron factores como: irregularidades geométricas tanto en planta como en elevación, columnas cortas, ejes estructurales no paralelos, primer piso blando, baja resistencia lateral y contigüidad de edificios con losas alineadas y no alineadas.

Si bien es cierto, ninguna estructura o edificación es igual a otra, de igual forma sus configuraciones estructurales y mecanismos de falla o colapso son distintos al momento de producirse un evento sísmico, debido a que cada estructura tiene su propia respuesta sísmica y su propia forma de vibrar

### 2.1.2 Geodinámica.

La tectónica de placas que se tiene frente a la costa ecuatoriana, es una de las más complejas del mundo, lo que provoca que la zona de subducción en el Ecuador no sea uniforme. El movimiento de la placa de Nazca contra las placas de América del Sur y la placa del Caribe ha generado la mega falla Guayaquil – Caracas que es una falla transcurrente dextral. (Toulkeridis T., 2009) lo ha identificado con el número 1, en la ilustración 1. Se estima que el movimiento de esta falla es de 3 a 4.5 mm/año Winter *et al.* (1993), sin embargo, existen otros estudios en que indican que el movimiento es de 15 mm/año para la parte norte de Ecuador y de 13 mm/año para la parte sur de Colombia. (Tibaldi A. & León J., 2000)

Con el número 2, en la ilustración 1, se indica la subducción de la placa oceánica de Nazca con una tasa de  $58 \pm 2$  mm/año. En el siglo XX, se registraron cuatro grandes sismos en este segmento del Ecuador y son los sismos de 1906 ( $M_w = 8.8$ ), 1942 ( $M_w = 7.8$ ), 1958 ( $M_w = 7.7$ ) y del 1979 ( $M_w = 8.2$ ). Más adelante se va a hablar un poco más sobre estos sismos, lo único que se destaca por ahora es que el ángulo de subducción es diferente en la costa ecuatoriana.



**Ilustración 1** Geodinámica de la peligrosidad sísmica del Ecuador.

**Fuente:** (Toulkeridis T., 2009)

En la ilustración 1 y con el número 3, (Toulkeridis T., 2009) hace referencia a Cresta de Carnegie, que es una cordillera submarina que se originó en el punto caliente de Galápagos

y que se está expandiendo hasta llegar a la fosa ecuatorial. Se supone que debido a este movimiento tectónico hay una reducción de la sismicidad en la región interandina. (Ruff L. J., 1996), (Swenson & Beck, 1999)

## 2.2 Sismo

Según expone (Bergman, 2016) los sismos se originan debido a la energía que es liberada en forma de ondas que viajan desde el punto del origen del terremoto en un lugar llamado foco. Las ondas sísmicas se originan en el foco. Las ondas sísmicas causan un temblor intenso en la superficie de la Tierra, estos temblores pueden derrumbar edificios y carreteras. No todas las ondas sísmicas son iguales. Hay varios tipos, y cada tipo de onda sísmica tiene un movimiento único. Aun cuando hay diversos tipos de ondas sísmicas y cada uno tiene su forma única de moverse. Recuentos de lo que es experimentar un terremoto, generalmente describen ondas en la superficie, debido a que éstas son más notables en la superficie de la Tierra.

### 2.2.1 Zonificación Sísmica.

Los estudios geológicos, litológicos y algunos otros, realizados en nuestro País, han dado como resultados un mapa de zonificación sísmica, determinando tipos de zonas en base al comportamiento sísmico.

**Tabla 1:** Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

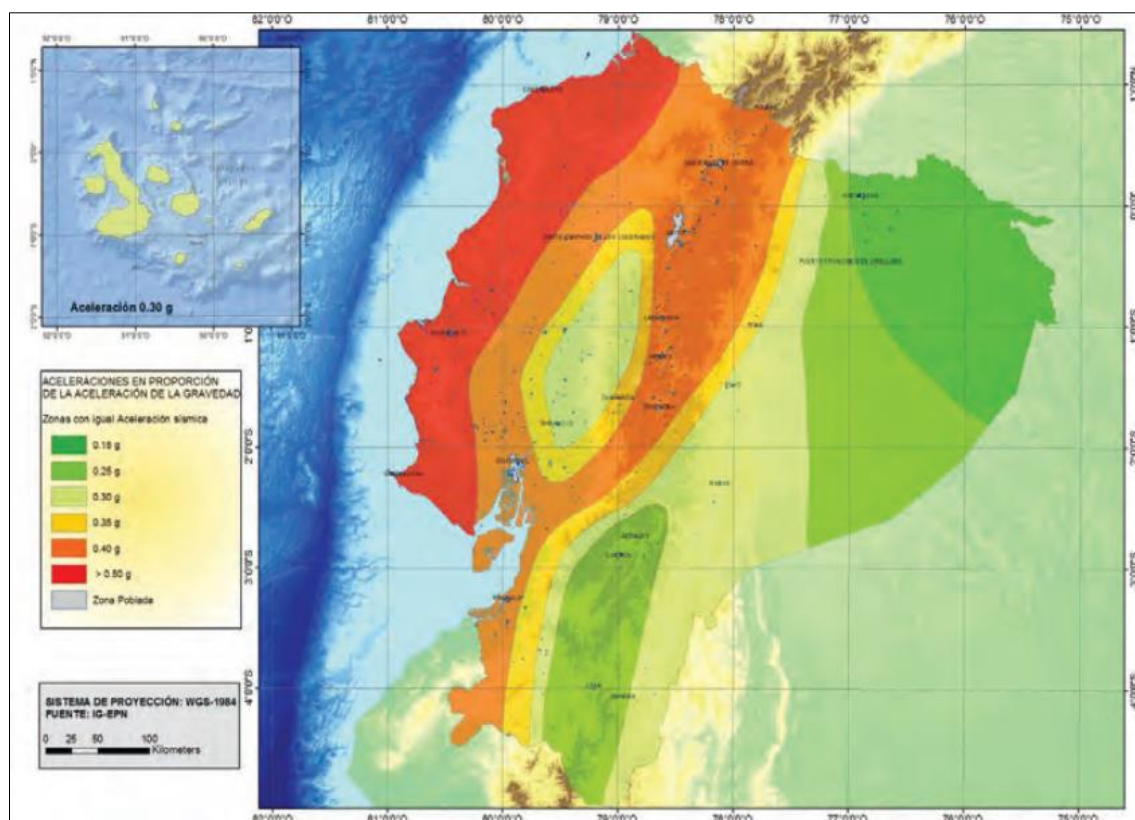
| Zona sísmica                               | I          | II   | III  | IV   | V    | VI         |
|--------------------------------------------|------------|------|------|------|------|------------|
| <b>Valor Z</b>                             | 0.15       | 0.25 | 0.3  | 0.35 | 0.4  | $\geq 0.5$ |
| <b>Caracterización del peligro sísmico</b> | Intermedia | Alta | Alta | Alta | Alta | Muy alta   |

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015)

En la tabla 1 se muestra que todos los valores son altos, esto obedece a que se representa en términos generales la alta peligrosidad sísmica en todo el Ecuador, con excepción de la zona I que se considera como peligrosidad intermedia representada por la región amazónica. (NEC-SE-DS, 2015)

El mapa de zonificación sísmica, que presenta la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) registra que la Región Costa se encuentra atravesada por el cinturón de fuego del Pacífico, sitio en el que se genera la subducción de la placa de Nazca debajo de la placa Sudamericana, considerada la principal fuente de generación de sismos en el Ecuador; además de un sistema de fallas ciegas localizadas en la región Interandina o Sierra (NEC, 2015)

La figura 2 nos muestra las diferentes zonas sísmicas que se obtuvieron de los estudios de riesgo sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (periodo de retorno 475 años). Nos da a conocer las zonas sísmicas establecidas en el diseño de estructuras.



**Ilustración 2:** Zonas sísmicas del Ecuador

**Fuente:** (NEC-SE-DS, 2015)

## 2.2.2 Vulnerabilidad Sísmica.

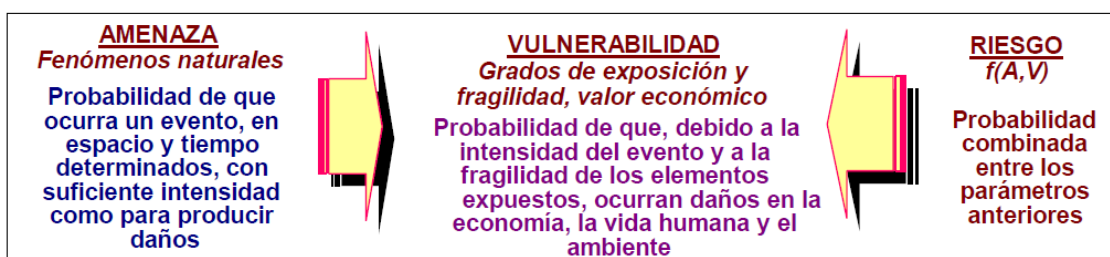
Se denomina vulnerabilidad sísmica al grado de daño que sufre una estructura debido a un evento sísmico de determinadas características. Estas características pueden calificarse

en “más vulnerables” o “menos vulnerables” ante un evento sísmico. (Bozzo Rotondo & Harbat, 2014)

Según el criterio de (Barbat et al., 2005) la vulnerabilidad sísmica frente a un sismo de determinadas características es una propiedad intrínseca de cada estructura y, por tanto, independiente de la peligrosidad del emplazamiento. Esto quiere decir que una estructura puede ser vulnerable pero no estar en riesgo si no se encuentra en un sitio con una cierta peligrosidad sísmica. En otras palabras, una estructura puede ser vulnerable, pero no estar en riesgo si no se encuentra en un lugar con un determinado peligro sísmico o amenaza sísmica.

Es necesario señalar que no existen metodologías estándares para estimar la vulnerabilidad de las estructuras. El resultado de los estudios de vulnerabilidad es un índice de daño que caracteriza la degradación que sufriría una estructura de una tipología estructural dada, sometida a la acción de un sismo de determinadas características. (Bozzo Rotondo & Harbat, 2014)

Concordante con lo que sostienen el BID y la CELAC (Zapata Martí et al., 2000): “La reducción de la vulnerabilidad es una inversión clave, no solamente para reducir los costos humanos y materiales de los desastres naturales, sino también para alcanzar un desarrollo sostenible”. En la figura 3 se explica cómo la vulnerabilidad se relaciona con el riesgo y su amenaza.



**Ilustración 3:** Relación Amenaza - Vulnerabilidad – Riesgo

**Fuente:** (NEC-SE-DS, 2015)

Constituye entonces la Vulnerabilidad una condición previa que se manifiesta durante el desastre, cuando no se ha invertido suficiente en prevención y mitigación, y se acepta un



nivel de riesgo muy elevado. De aquí se desprende la tarea prioritaria de definir una estrategia preventiva de reducción de la vulnerabilidad, ya que no es posible enfrentarse a las fuerzas naturales con el propósito de anularlas.

### **2.2.3 Clases de Vulnerabilidad Sísmica.**

#### ***2.2.3.1 Vulnerabilidad Estructural.***

Este tipo de vulnerabilidad se encuentra intrínseca en edificaciones que desde su planificación no conciben un criterio de diseño y construcción sísmo resistente, este factor puede ser modificado mediante rehabilitaciones estructurales sísmo resistente.

Los elementos estructurales son aquellas partes que sostienen la estructura de una edificación, encargados de resistir y transmitir a la cimentación y luego al suelo; las fuerzas causadas por el peso del edificio y su contenido, así como las cargas provocadas por los sismos. Entre estos elementos se encuentran las columnas, vigas, placas de concreto, muros de albañilería de corte, etc.

Razones suficientes que constituyen que un buen diseño estructural sea la clave para que la integridad de un edificio sobreviva aún ante desastres naturales severos tales como un terremoto.



**Ilustración 4:** Edificio que colapsó en el terremoto de abril de 2016 en Manabí

**Fuente:** (El Universo, 2016)



En Ecuador queda una gran lección tras este devastador fenómeno ocurrido en el 2016, donde se constató en algunos casos que no se aplicaron las normas y criterios de diseño sísmico resistente de manera efectiva, normas que no consideran las especificaciones especiales al momento de levantar edificaciones de varios niveles.

### ***2.2.3.2 Vulnerabilidad no Estructural.***

Se relaciona a la susceptibilidad de los elementos no estructurales a sufrir daños, debido a las fuerzas que se presentan mediante un evento sísmico. Estos elementos no estructurales no aportan resistencia a la edificación, por lo cual se los puede identificar como elementos arquitectónicos (puertas, ventanas, etc.) y electromecánicos (conexiones, bombas de agua, equipos, etc.). Los elementos no estructurales son vitales en edificaciones esenciales; de ahí la importancia de protegerlos en un evento sísmico. No se debe subestimar la importancia de los elementos no estructurales estos pueden cambiar la respuesta dinámica de diseño de una edificación. Por ejemplo, pesados revestimientos pueden ocasionar excentricidades o torsión; la interacción entre columnas y mampostería a la mitad de estas, ocasiona el efecto columna corta que tanto daño ha provocado. Adicionalmente, durante un sismo, el colapso de elementos no estructurales puede causar graves daños a personas, llegando a causar muertes de no tomarse las medidas apropiadas, para lo cual debe utilizarse la normativa existente. (Ludeña Guaicha, 2017)

### **2.2.4 Riesgo Sísmico.**

La UNDRO y la UNESCO promovieron una definición que se sintetiza a continuación a partir de los siguientes conceptos: (Sandi, (1983) en (Barbat et al., 2005).

- Amenaza, peligro o peligrosidad, H: Probabilidad de ocurrencia de un evento sísmico potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio determinado.
- Vulnerabilidad, V: Es el grado o porcentaje de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo como resultado de la probable ocurrencia de un evento sísmico destructivo.

- Elementos en riesgo, E: Son la población, los edificios y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta a una amenaza en un área determinada.
- Riesgo Sísmico, R: Se define como el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un desastre, es decir el producto del riesgo específico, y los elementos en riesgo, E.

Con estas definiciones, la evaluación del riesgo total puede llevarse a cabo mediante la siguiente fórmula general:

$$R=H*V*E$$

## **2.3 Métodos para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones**

Para realizar los estudios de vulnerabilidad existen muchas metodologías válidas en la literatura internacional que se han encontrado en la bibliografía consultada. En general éstas se clasifican en:

1. Métodos cualitativos
2. Métodos cuantitativos
3. Métodos experimentales.
4. Métodos analíticos.

El método cualitativo es considerado de primer nivel en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones, por cuanto es el que menos recurso e información requiere, busca clasificar estructuras en grupos y tipos de vulnerabilidad, con el propósito de priorizar las acciones futuras que se pudieran implementar para reducir la misma (NEC, 2015). La aplicación de esta metodología evalúa las cualidades de la estructura mediante resultados, entre ellos: baja vulnerabilidad, media o alta y en otros casos indicando si el comportamiento de la estructura es seguro o no.

Con este enfoque, los métodos cuantitativos, llegan a predecir un nivel de vulnerabilidad o de daños esperados frente a los diferentes niveles de la amenaza considerada, que llegan a

ser útiles para la toma de decisiones directas sobre las estructuras. Estos métodos requieren de mayores recursos e información precisa, por lo que su aplicación se justifica para estudios particulares más detallados, es decir, permiten profundizar los resultados obtenidos de la aplicación de metodologías cualitativas.

La vulnerabilidad sísmica permite clasificar a las estructuras por sus características y calidad estructural, catalogándolas dentro de un rango muy vulnerable hasta uno no muy vulnerable, bajo la acción de un sismo, para lo cual se utilizará metodologías de evaluación acorde al nivel de estudio que se requiere alcanzar y mediante un procedimiento sencillo pero eficaz.

Japón y Estados Unidos, se han considerado países pioneros en el desarrollo de metodologías orientadas a la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificios existentes. Estos países, al igual que otros más, aportan metodologías para la evaluación de la posible vulnerabilidad que puede existir en una estructura ante la generación de algún sismo probable (SNGR y otros, 2011)

Para el desarrollo del presente trabajo de titulación, se ha considerado la aplicación de estas metodologías que se adaptan a la realidad de nuestro país y un método estándar:

- (MIDUVI & SGR, 2016) propuesta metodológica de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SGR).
- (NEC, 2015) Metodología propuesta en la guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la norma ecuatoriana de la construcción NEC
- Método FEMA P-154 (2015), (FEMA P-154, 2015)..

### **2.3.1 Propuesta Metodológica de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR).**

En el año 2012, la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR), diseña una metodología para ser aplicada a nivel de zonas urbanas de las cabeceras cantonales de municipios medianos y pequeños del Ecuador.

Considera características físicas de las estructuras, especialmente aquellas que inciden de manera directa en el comportamiento estructural de la edificación frente a la amenaza sísmica, por lo que permite calificarla de manera cualitativa y, ponderar los resultados con el objetivo de encontrar un valor o índice de vulnerabilidad para cada edificación. (Buñay & Tenelema, 2014)

De lo que expone la Metodología - Análisis de Vulnerabilidad a Nivel Nacional, elaborada por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (MIDUVI & SGR, 2016) debe considerarse esta metodología como una herramienta para la creación de una base sólida de información, que priorice y oriente la creación de estrategias, programas y planes de reducción de vulnerabilidades. Por cuanto los resultados que se obtengan al aplicar esta metodología tienen el carácter preliminar y demandan, para su afinamiento y precisión, de un estudio de mayor alcance, y por sí sola, esta metodología no se puede considerar como una herramienta técnica única de evaluación de la vulnerabilidad sísmica.

### **Variables e Indicadores de Vulnerabilidad de la metodología SNGR**

Son parámetros que identifican las características estructurales principales de una estructura, fiscalizando su comportamiento frente a alguna amenaza. La evaluación es con enfoque cualitativa, considerando realizar un análisis comprensivo del comportamiento esperado de las edificaciones. (MIDUVI & SGR, 2016)

Se describen las variables para la evaluación de la vulnerabilidad física de edificaciones ante la amenaza sísmica, en base a la metodología planteada por la SGR.

### **Sistema Estructural**

Se considera una variable básica el tipo de sistema estructural resistente, por cuanto aporta con información mínima necesaria para comenzar un análisis de vulnerabilidad sísmica.

La metodología (MIDUVI & SGR, 2016) considera que las estructuras construidas a base de hormigón armado son menos vulnerables que los otros sistemas estructurales (caña, pared portante, madera o mixta)

**Tipo de material de paredes**

Define si la estructura ha sido construida con paredes portantes (piedra, adobe, entre otros), o si más bien obedece a tipologías menos vulnerables como: paredes de bloque o ladrillo (MIDUVI & SGR, 2016)

**Tipo de Cubierta**

Nos da a conocer qué tan expuesta es una estructura ante un evento sísmico, pues proporciona confinamiento al sistema estructural. Considera esta metodología que las cubiertas a base de hormigón armado son menos vulnerables que los otros tipos de cubiertas (metálica, caña, zinc, entre otras) (MIDUVI & SGR, 2016)

**Entrepisos**

Este apartado limita el resto de elementos estructurales y proporciona resistencia ante cierto tipo de fallas. Considera esta metodología que los sistemas de entrepiso a base de hormigón armado son menos vulnerables que los otros sistemas de entre pisos (madera, metálico, entre otros) (MIDUVI & SGR, 2016)

**Número de Pisos**

En este apartado, la variable número de pisos considera que a mayor altura de la estructura existe mayor vulnerabilidad, toda vez que mientras mayor número de pisos se requiere de mayores esfuerzos y cuidados para presentar un buen comportamiento (MIDUVI & SGR, 2016).

**Año de Construcción**

Esta variable se considera muy importante para el estudio de vulnerabilidad. Por cuanto está asociado directamente con los códigos de construcción aplicados en el diseño de las estructuras, mide la posibilidad de que la inexistencia de normativas de construcción incremente la vulnerabilidad de la estructura (MIDUVI & SGR, 2016).

Razón por la que esta metodología considera aquellas edificaciones que hayan sido construidas antes de 1970 mucho más vulnerables que aquellas construidas luego de ese año ((MIDUVI & SGR, 2016)

### **Estado de Conservación**

Variable que considera el posible daño o deterioro de las propiedades mecánicas de los materiales y con ello la reducción de su resistencia, aumentando el grado de vulnerabilidad ante una amenaza sísmica (SNGR y otros, 2011)

### **Características del Suelo**

El suelo donde se encuentra construida la estructura es susceptible de facilitar que la amenaza pueda afectar a la edificación, esta variable nos permite estudiar estas características.

Nos hace notar que, un suelo firme y seco tendrá una menor vulnerabilidad que un suelo húmedo, blando o de relleno (SNGR y otros, 2011)

### **Topografía del Sitio**

El tipo de relieve que tiene el terreno donde está construida una edificación, debe tenerse en cuenta, ya que si el terreno es escarpado genera un alto grado de vulnerabilidad en la edificación, en tanto que si el terreno es plano se reduce dicha vulnerabilidad (SNGR y otros, 2011)

### **Forma de la Construcción**

La metodología, toma en consideración la forma de construcción de la edificación, si su forma es regular presenta menor vulnerabilidad ante un evento sísmico (SNGR y otros, 2011).

**Tabla 2:** Variables e Indicadores para Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones.

| METODOLOGÍA SNGR                              |                                                                                                                         |                                 |                 |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Variable de Vulnerabilidad                    | Descripción de la Variable y Uso de la Información                                                                      | Indicadores Considerados        | Amenaza Sísmica |
| Sistema estructural                           | Describe la tipología estructural predominante en la edificación                                                        | Hormigón armado                 | 0               |
|                                               |                                                                                                                         | Estructura metálica             | 1               |
|                                               |                                                                                                                         | Estructura de madera            | 1               |
|                                               |                                                                                                                         | Estructura de caña              | 10              |
|                                               |                                                                                                                         | Estructura de pared portable    | 5               |
|                                               |                                                                                                                         | Mixta madera/hormigón           | 5               |
|                                               |                                                                                                                         | Mixta metálica/hormigón         | 1               |
|                                               |                                                                                                                         | Pared de Ladrillo               | 1               |
| Tipo de material en paredes                   | Describe el material predominante utilizado en las paredes divisorias de la edificación                                 | Pared de bloque                 | 1               |
|                                               |                                                                                                                         | Pared de piedra                 | 10              |
|                                               |                                                                                                                         | Pared de adobe                  | 10              |
|                                               |                                                                                                                         | Pared de tapia/bahareque/madera | 5               |
|                                               |                                                                                                                         | Cubierta metálica               | 5               |
|                                               |                                                                                                                         |                                 |                 |
| Tipo de cubierta                              | Describe el tipo de material utilizado como sistema de cubierta de la edificación                                       | Losa de hormigón armado         | 0               |
|                                               |                                                                                                                         | Vigas de madera y zinc          | 5               |
|                                               |                                                                                                                         | Caña y zinc                     | 10              |
|                                               |                                                                                                                         | Vigas de madera y teja          | 5               |
|                                               |                                                                                                                         | Losa de hormigón armado         | 0               |
|                                               |                                                                                                                         | Vigas y entramado madera        | 5               |
| Sistema de entrepisos                         | Describe el tipo de material utilizado para el sistema de pisos diferentes a la cubierta                                | Entramado madera/caña           | 10              |
|                                               |                                                                                                                         | Entramado Metálico              | 1               |
|                                               |                                                                                                                         | Entramado hormigón/metálico     | 1               |
|                                               |                                                                                                                         |                                 |                 |
| Número de pisos                               | Se considera el número de pisos como una variable de vulnerabilidad, debido a que su altura incide en su comportamiento | 1 piso                          | 0               |
|                                               |                                                                                                                         | 2 pisos                         | 1               |
|                                               |                                                                                                                         | 3 pisos                         | 5               |
|                                               |                                                                                                                         | 4 pisos                         | 10              |
|                                               |                                                                                                                         | 5 pisos o mas                   | 1               |
| Año de construcción                           | Permite tener una idea de la posible aplicación de criterios de diseño de defensa contra la amenaza                     | antes de 1970                   | 10              |
|                                               |                                                                                                                         | entre 1971 y 1980               | 5               |
|                                               |                                                                                                                         | entre 1981 y 1990               | 1               |
|                                               |                                                                                                                         | entre 1991 y 2010               | 0               |
| Estado de conservación                        | El grado de deterioro influye en la vulnerabilidad de la edificación                                                    | Bueno                           | 0               |
|                                               |                                                                                                                         | Aceptable                       | 1               |
|                                               |                                                                                                                         | Regular                         | 5               |
|                                               |                                                                                                                         | Malo                            | 10              |
| Características del suelo bajo la edificación | El tipo de terreno influye en las características de vulnerabilidad física                                              | Firme, seco                     | 0               |
|                                               |                                                                                                                         | Inundable                       | 1               |
|                                               |                                                                                                                         | Ciénaga                         | 5               |
|                                               |                                                                                                                         | Húmedo, blando, relleno         | 10              |
| Topografía del sitio                          | La topografía del sitio de construcción de la edificación indica posibles debilidades frente a la amenaza               | A nivel, terreno plano          | 0               |
|                                               |                                                                                                                         | Bajo nivel calzada              | 5               |
|                                               |                                                                                                                         | Sobre nivel calzada             | 0               |
|                                               |                                                                                                                         | Escarpe positivo o negativo     | 10              |
| Forma de la construcción                      | La presencia de irregularidad en la edificación genera vulnerabilidades                                                 | Regular                         | 0               |
|                                               |                                                                                                                         | Irregular                       | 5               |
|                                               |                                                                                                                         | Irregularidad severa            | 10              |

**Fuente:** (MIDUVI & SGR, 2016)

En la tabla 2, se muestra cada variable y sus indicadores, los mismos que tienen asignado valores entre 0, 1, 5 y 10, según la condición de la edificación a la cual se está evaluando, en donde el valor 0 refleja una vulnerabilidad baja y el valor 10 una vulnerabilidad alta. Consecuentemente, una misma edificación puede presentar, para cada variable analizada, un solo indicador posible, y tendrá asignado un único valor numérico, obedeciendo al tipo de amenaza considerada para su evaluación (SNGR y otros, 2011)

### **Índice de vulnerabilidad basado en la Metodología SNGR**

La metodología de la SNGR plantea que los valores y pesos, para la calificación y ponderación, se deducen conforme al conocimiento del comportamiento estructural de las diferentes tipologías de edificaciones, delante de las distintas amenazas posibles, utilizando como modelo las experiencias documentadas en desastres pasados y, con la información proveniente de la literatura técnica reciente a nivel mundial (Yépez Moya et al., 1996)

El procedimiento para analizar el resultado de estos indicadores establecidos para cada una de las variables es multiplicado por los valores de ponderación asignados. Se visualiza en la tabla 3, los valores de ponderación asignados en la metodología propuesta por la SNGR:

**Tabla 3:** Índices de vulnerabilidad para amenaza sísmica

| <b>Variable</b>                  | <b>Valores posibles del indicador</b> | <b>Ponderación</b> | <b>Valor máximo</b> |
|----------------------------------|---------------------------------------|--------------------|---------------------|
| <b>Sistema estructural</b>       | 0,1,5,10                              | 1.2                | 12                  |
| <b>Material de paredes</b>       | 0,1,5,10                              | 1.2                | 12                  |
| <b>Tipo de cubierta</b>          | 0,1,5,10                              | 1                  | 10                  |
| <b>Tipo de entepiso</b>          | 0,1,5,10                              | 1                  | 10                  |
| <b>Número de pisos</b>           | 0,1,5,10                              | 0.8                | 8                   |
| <b>Año de construcción</b>       | 0,1,5,10                              | 1                  | 10                  |
| <b>Estado de conservación</b>    | 0,1,5,10                              | 1                  | 10                  |
| <b>Características del suelo</b> | 0,1,5,10                              | 0,8                | 8                   |
| <b>Topografía del sitio</b>      | 0,1,5,10                              | 0,8                | 8                   |
| <b>Forma de construcción</b>     | 0,1,5,10                              | 1,2                | 12                  |
| <b>Valor mínimo = 0</b>          |                                       |                    | <b>100</b>          |

**Fuente:** (MIDUVI & SGR, 2016)

Con el resultado que se obtiene, se procede a la aplicación de una sumatoria ponderada de todos los valores obtenidos de los indicadores de cada variable de la edificación. Este



resultado se conoce como índice de vulnerabilidad y permite catalogar a la edificación según su nivel de vulnerabilidad.

La ponderación del nivel de vulnerabilidad resultante del proceso de evaluación de una edificación se determina conforme se muestra en la tabla 4.

**Tabla 4:** Nivel de vulnerabilidad - Metodología SNGR

| Nivel de vulnerabilidad | Puntaje          |
|-------------------------|------------------|
| Bajo                    | 0 a 33 puntos    |
| Medio                   | 34 a 66 puntos   |
| Alto                    | Más de 66 puntos |

Fuente: (MIDUVI & SGR, 2016)

### **2.3.2 Metodología la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, Propuesta en la Guía Práctica para Evaluación Sísmica y Rehabilitación de Estructuras.**

Para inspección y evaluación sísmica simplificada de estructuras existentes (pre-evento), esta metodología muestra en la guía práctica para evaluación de estructuras, que se publica en la NEC, a partir del año 2015, en base a una adaptación del FEMA 154 (Rapid Visual Screening of Building for Potential Seismic Hazards), la que fue implementada inicialmente por el Colegio de Arquitectos del Ecuador y el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.

Fue elaborada esta propuesta para que los profesionales de la construcción del Ecuador evalúen las edificaciones existentes partiendo de condiciones propias a su realidad constructiva, los resultados obtenidos en base a un índice de valoración cuyo puntaje permite identificar el grado de vulnerabilidad de una estructura existente.

Clasifica en tres categorías el grado de vulnerabilidad: edificaciones con baja, media y alta vulnerabilidad, en donde si se presenta el último caso se debe realizar un estudio más profundo y completo de su estructura, para lo cual el evaluador determinará el tipo de investigación a realizar y los objetivos de rehabilitación. De seguido, se detallan los apartados que componen el formulario, para la evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones (MIDUVI & SGR, 2016).

## Datos de Edificación

Este apartado del formulario está destinado para registrar información general que el investigador recopila en la observación realizada a la edificación; consta de los siguientes datos: ubicación, uso, año de construcción, número de pisos y área construida.

Se considera el año de construcción como el parámetro más relevante en esta sección ya que indirectamente, permite conocer las prácticas de diseño y construcción que se aplicaron en la edificación.

De igual manera, el uso de la edificación, aunque no influye directamente en los resultados de la vulnerabilidad, por cuanto no tiene relación directa con la probabilidad de sufrir daños estructurales frente a un sismo, permite elaborar un plan de mitigación de riesgos

Muchas edificaciones tienen más de un uso u ocupación por lo que el evaluador debe considerar el principal de ellos y registrar los demás en la sección (observaciones). (MIDUVI & SGR, 2016)

La tabla 5, indica los datos de la edificación que se presenta en el formato de evaluación visual rápida de la vulnerabilidad de edificaciones.

**Tabla 5:** Datos de la edificación

| DATOS DE LA EDIFICACION                |  |                     |  |
|----------------------------------------|--|---------------------|--|
| Dirección                              |  |                     |  |
| Nombre de la edificación               |  |                     |  |
| sitio de referencia                    |  |                     |  |
| tipo de uso                            |  | fecha de evaluación |  |
| Año de construcción                    |  | Año de remodelación |  |
| Área de construcción (m <sup>2</sup> ) |  | Número de pisos     |  |

**Fuente:** (MIDUVI & SGR, 2016)

## Datos del Profesional

En este apartado se incluye la información referente a la persona encargada de realizar la evaluación de la edificación. Al ser un proceso sencillo, los evaluadores pueden ser: constructores, diseñadores, inspectores municipales y estudiantes de arquitectura o ingeniería apropiadamente capacitados (MIDUVI & SGR, 2016)

Se muestra en la tabla 6, los datos requeridos en el formulario de evaluación visual rápida de la vulnerabilidad de edificaciones.

**Tabla 6:** *Datos del profesional*

| DATOS DEL PROFESIONAL    |
|--------------------------|
| Nombre del evaluador     |
| C. I.                    |
| Registro <u>Senescyt</u> |

**Fuente:** (MIDUVI & SGR, 2016)

### **Esquema estructural en planta y elevación en la edificación**

Como se encuentra detallado en el formulario, en este apartado se deberá realizar al menos un esquema de la planta y si es posible un esquema de la elevación del edificio. En dicho esquema en planta se indicará la ubicación, lo más exacta posible del ducto o ductos de gradas y ascensores. (MIDUVI & SGR, 2016)

Será de gran ayuda estos esquemas ya que permitirán determinar posibles irregularidades. Al realizar estos esquemas, el evaluador podrá identificar muchos aspectos que tenga la construcción (MIDUVI & SGR, 2016)

Las mínimas dimensiones deberán estar indicadas en el esquema de planta son longitud y ancho, y si se puede realizar un esquema de la estructura, se deberá colocar la altura de entrepiso (MIDUVI & SGR, 2016)

### **Fotografía**

La fotografía será de la parte frontal de la edificación (acceso principal), procurando que en esta se pueda observar en su totalidad (MIDUVI & SGR, 2016).

### **Identificación del sistema estructural**

Esta evaluación rápida de vulnerabilidad frente a un evento sísmico, presume que el profesional a cargo estará en capacidad de determinar el sistema estructural de la edificación en estudio (MIDUVI & SGR, 2016).

Lo más probable es que la tipología estructural no se pueda determinar en la etapa de planificación, antes de la visita de campo. Los subsuelos, en el caso de edificios, son los mejores sitios para reconocer un sistema estructural (MIDUVI & SGR, 2016)

Si por algún motivo, no se puede determinar la tipología de la estructura, y el acceso a la edificación es imposible, el evaluador deberá eliminar aquellos sistemas estructurales que sean imposible para la estructura en estudio y calificar las posibles opciones que quedan. El resultado final, S, que se considera será el de menor valor (MIDUVI & SGR, 2016).

La tipología de estructuras por las que está constituido en su mayoría el territorio ecuatoriano se los ha dividido en 13 grupos para este sistema de evaluación y se los presenta a continuación en la tabla 7, con sus respectivos códigos.

**Tabla 7:** *Tipología del sistema estructural*

| TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL            |     |                                                                 |                              |                                                                   |                                       |
|----------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Madera                                       | WI  | Pórtico hormigón armado                                         | C1                           | Pórtico acero laminado                                            | S1                                    |
| Mampostería sin refuerzo                     | URM | Pórtico hormigón armado con mampostería confinada sin refuerzos | C2                           | Pórtico Acero Laminado con diagonales                             | S2                                    |
| Mampostería reforzada                        | RM  | Pórtico hormigón armado con mampostería sin refuerzos           | C3                           | Pórtico Acero doblado en frío                                     | S3                                    |
| Mixta acero-hormigón o mixta madera-hormigón | MX  |                                                                 |                              | Pórtico Acero Laminado con muros estructurados de hormigón armado | S4                                    |
|                                              |     |                                                                 | Hormigón armado prefabricado | PC                                                                | Pórtico Acero con paredes mampostería |

**Fuente:** (MIDUVI & SGR, 2016)

Para cada uno de estos 13 tipos de construcción, (MIDUVI & SGR, 2016) calcula un índice de peligro estructural (puntaje básico) que refleja la probabilidad de daño y pérdida de una edificación, basándose en FEMA 154 y 155, se los presenta a continuación en la tabla 8.

**Tabla 8:** *Valoración básica*

| Tipología del sistema estructural | WI  | 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 |

**Fuente:** (MIDUVI & SGR, 2016)

## Modificadores

Se denominan modificadores a los factores vitales que afectan expresamente el rendimiento de la edificación en estudio (MIDUVI & SGR, 2016). Cada uno de estos indicadores poseen un valor y obedecen al tipo de estructura, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 9: Indicadores**

| Tipología del sistema estructural                       | VI   | 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  |
| <b>ALTURA DE LA EDIFICACION</b>                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Baja altura (menor a 4 pisos)                           | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 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  |
| <b>REGULARIDAD DE LA EDIFICACION</b>                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Irregularidad vertical                                  | -2.5 | -1.0 | -1.0 | -1.5 | -1.5 | -1.0 | -1.0 | -1.0 | -1.0 | -1.5 | -1.5 | -1.0 | -1.0 |
| 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 |
| <b>CODIGO DE LA CONSTRUCCION</b>                        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Pre-código (construido antes de 1977) o auto construido | 0.0  | -0.2 | -1.0 | -1.2 | -1.2 | -1.0 | -0.2 | -0.8 | -0.1 | -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  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| Post código moderno (construido a partir de 2001)       | 1.0  | N/A  | 2.8  | 1.0  | 1.4  | 2.4  | 1.4  | 1.0  | 1.4  | 1.4  | 1.0  | 1.6  | 1.0  |
| <b>TIPO DE SUELO</b>                                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Tipo de suelo C                                         | 0.0  | -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  | -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  | -0.8 | -0.4 | -1.2 | -1.2 | -0.8 | -0.8 | -1.2 | -1.2 | -1.2 | -1.2 | -1.2 | -0.8 |

**Fuente:** (MIDUVI & SGR, 2016)

Se presentan a continuación, las descripciones de cada uno de los modificadores que se utilizarán en la evaluación de vulnerabilidad sísmica.

- **Altura de la Edificación**

(MIDUVI & SGR, 2016), considera tres categorías:

**Baja altura (menor a 4 niveles):** No se considera que las construcciones de 1 a 3 niveles creen grandes riesgos frente a un sismo leve. Por ello su valor es cero en todos los tipos de sistema estructural.

**Mediana altura (4 a 7 niveles);** si la construcción posee de 4 a 7 niveles se estima de mediana altura.

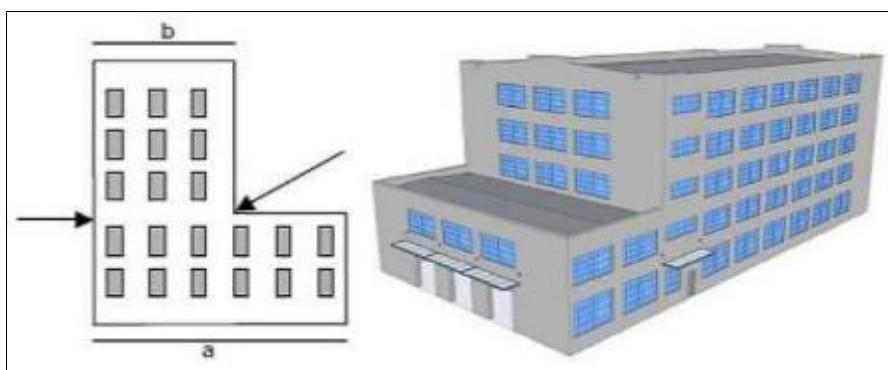
**Gran altura (mayor a 7 niveles);** si la edificación tiene 8 pisos o más se considera de gran altura (MIDUVI & SGR, 2016)

### **Irregularidad de la edificación**

#### **- Irregularidad vertical**

Según la metodología (MIDUVI & SGR, 2016) expone que presenta irregularidades en elevación que se deben marcar.

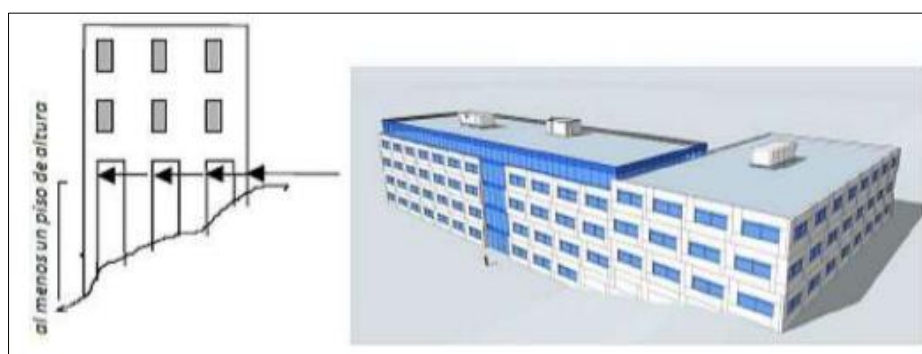
*Irregularidad geométrica:* La edificación es irregular cuando la anchura en planta del sistema resistente en determinado piso es mayor que 1.3 veces la misma anchura en un piso adyacente, excepto en el caso de los altillos de un solo piso ( $a > 1.3b$ ) (MIDUVI & SGR, 2016)



**Ilustración 5:** Irregularidad vertical: Irregularidad geométrica

**Fuente:** (MIDUVI & SGR, 2016)

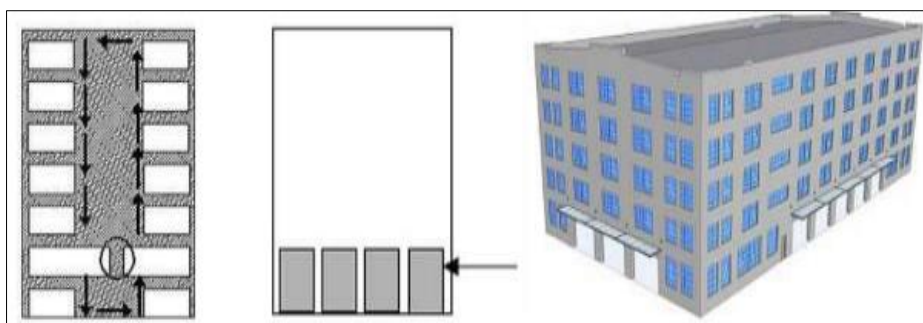
*Irregularidad por ubicación:* si la edificación se encuentra en un cerro empinado, tal que a lo largo de la pendiente exista al menos un piso de altura (MIDUVI & SGR, 2016)



**Ilustración 6:** Irregularidad vertical: Irregularidad por ubicación

**Fuente:** (MIDUVI & SGR, 2016)

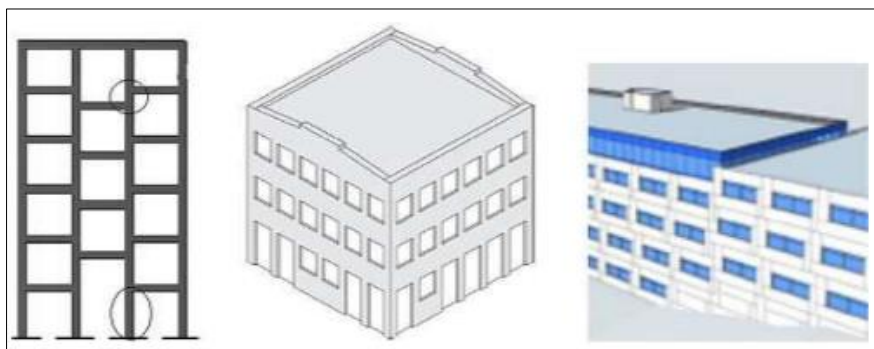
*Piso débil:* si la dureza de un piso es drásticamente menor que la mayoría de los demás pisos. Disminución en mampostería portante o muros (MIDUVI & SGR, 2016).



**Ilustración 7:** Irregularidad vertical: Piso débil

**Fuente:** (MIDUVI & SGR, 2016)

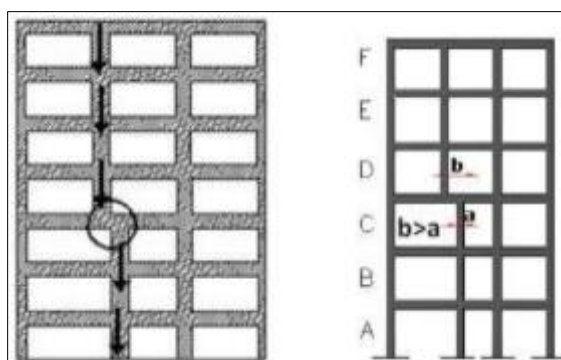
*Columna corta o larga:* si la construcción muestra columnas cortas o muy largas (comúnmente en mezzanines) (MIDUVI & SGR, 2016)



**Ilustración 8:** Irregularidad vertical: Columna corta o larga

**Fuente:** (MIDUVI & SGR, 2016)

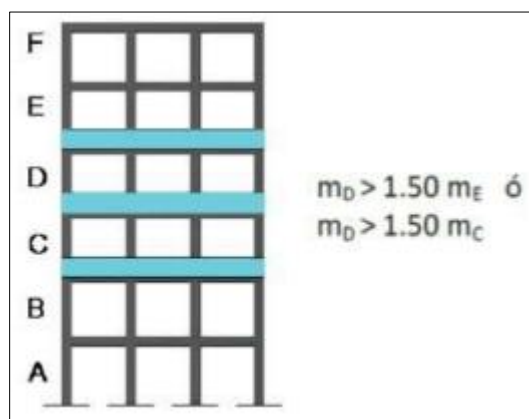
*Ejes verticales discontinuos o muros soportados por columnas:* la estructura de la edificación es irregular cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales y estos desplazamientos son más grandes que la dimensión horizontal del elemento (MIDUVI & SGR, 2016)



**Ilustración 9:** Irregularidad vertical: ejes verticales discontinuos o muros soportados por columnas

**Fuente:** (MIDUVI & SGR, 2016)

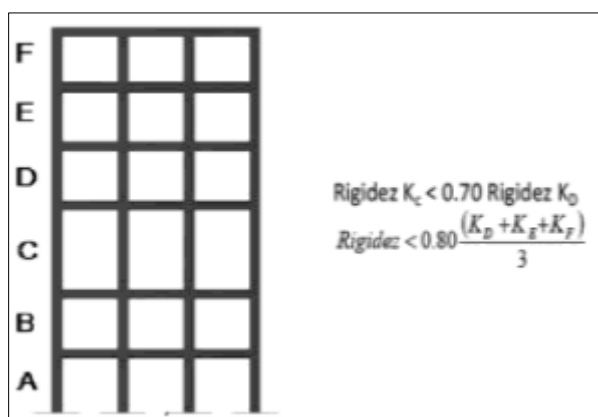
*Distribución de masa:* la estructura de la edificación es irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1.5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior (MIDUVI & SGR, 2016), (Véliz Indacochea, 2018).



**Ilustración 10:** Irregularidad vertical: distribución de masa

**Fuente:** (MIDUVI & SGR, 2016)

*Piso flexible:* la estructura de la edificación no es regular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez del piso superior o menos que el 80% del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores (MIDUVI & SGR, 2016), (Osorio, 2017).



**Ilustración 11:** Irregularidad vertical: piso flexible en elevación

**Fuente:** (MIDUVI & SGR, 2016)

*Adiciones:* la estructura de la edificación es irregular cuando existen adiciones, fuera del diseño original, de un piso más. (MIDUVI & SGR, 2016)





**Ilustración 12:** Irregularidad vertical: adiciones

**Fuente:** (MIDUVI & SGR, 2016)

- ***Irregularidad en planta***

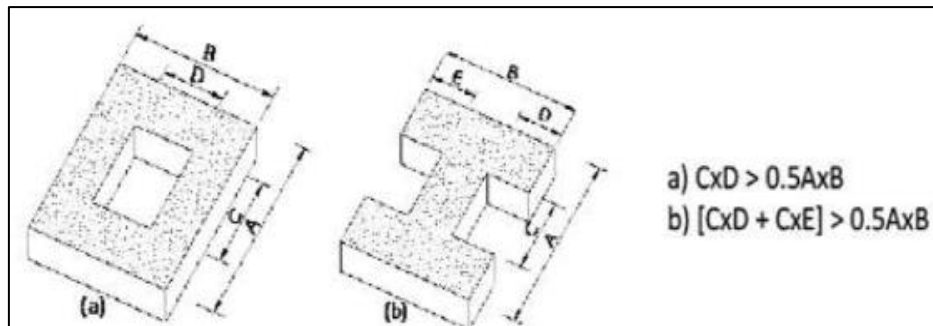
La estructura de la edificación no es regular cuando su proporción en planta presenta las formas L, T, I, U, E o forma de cruz, sin juntas de construcción (MIDUVI & SGR, 2016), (Osorio, 2017).



**Ilustración 13:** Irregularidad en planta: configuración en planta

**Fuente:** (MIDUVI & SGR, 2016)

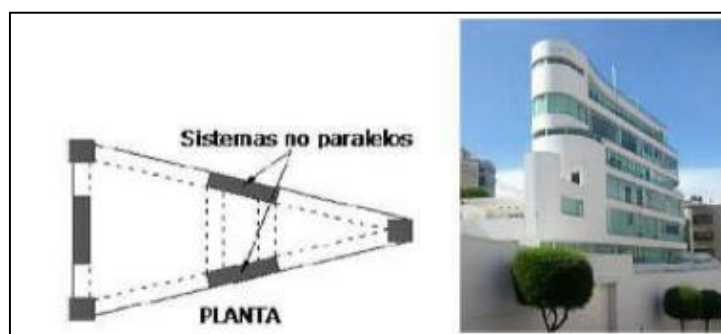
***Discontinuidades en el sistema de piso:*** la estructura de la edificación no es regular cuando el sistema de piso tiene disconformidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, causadas por aberturas, entrantes o huecos con áreas mayores al 50% del área total del piso (MIDUVI & SGR, 2016), (Osorio, 2017).



**Ilustración 14:** Irregularidad en planta; Discontinuidad en el sistema de piso

**Fuente:** (MIDUVI & SGR, 2016)

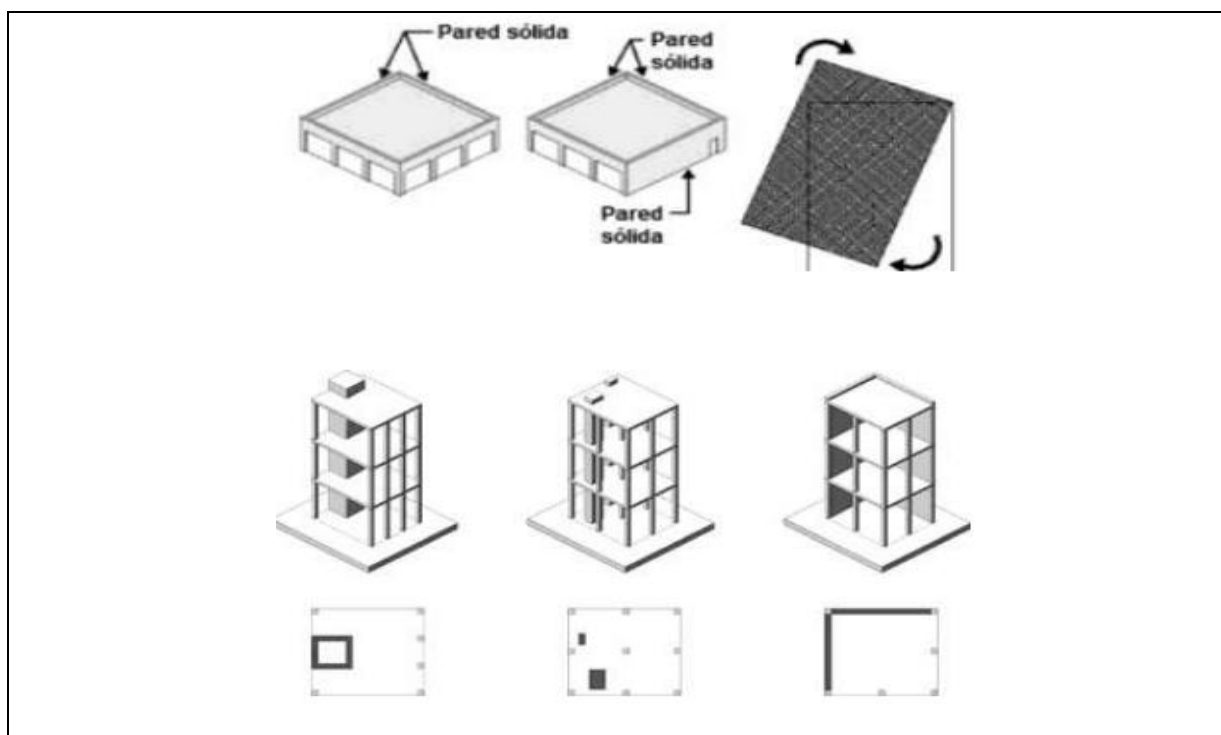
**Ejes estructurales no paralelos:** la estructura de la construcción no es regular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura. (MIDUVI & SGR, 2016).



**Ilustración 15:** Irregularidad en planta: ejes estructurales no paralelos

**Fuente:** (MIDUVI & SGR, 2016)

**Torsional:** la estructura de la edificación es irregular cuando presenta buena resistencia lateral en una dirección, pero en la otra no o si existe rigidez excéntrica en plantas, o cuando su centro de rigidez no coincide con su centro de masa (MIDUVI & SGR, 2016), (Osorio, 2017).



**Ilustración 16:** Irregularidad en planta: torsional

**Fuente:** (MIDUVI & SGR, 2016)

**Adiciones:** la estructura de la construcción es irregular cuando existen adiciones, fuera del diseño original, sin su respectiva junta de construcción (MIDUVI & SGR, 2016), (Osorio, 2017).



**Ilustración 17:** Irregularidad en plantas: adiciones

**Fuente:** (MIDUVI & SGR, 2016)

### Código de Construcción.

En Ecuador se estableció en 1977, el primer código de construcción ecuatoriano que describe un proceso de estimación de fuerzas laterales y requisitos de diseño sísmico, luego de la publicación del Código Americano UBC 1974. (MIDUVI & SGR, 2016), (Ludeña Guaicha, 2017).

Años más tarde. Después de colapsos y daños en edificaciones sufridos a causa del terremoto de magnitud 7.1 ocurrido en Bahía de Caráquez, en la costa norte del Ecuador, se implantó en el año 2001, el primer mapa de zonificación sísmica de Ecuador en el Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC-2001), poco después de aplicar los principios sismológicos adecuados y conocimientos de ingeniería sísmica disponibles en ese momento en todo el mundo (MIDUVI & SGR, 2016), (Osorio, 2017).

El ejemplar del código del año 2001 contiene una serie de requisitos de diseño y modelado, análogas al código americano UBC 1997. Por lo tanto, 2001 podría ser considerado como año de referencia del diseño sísmico en Ecuador.

Hoy en día, se encuentra aprobada la nueva Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2015, la que se considera como un código mejorado, con respecto al diseño sismo-resistente de estructuras (MIDUVI & SGR, 2016), (Osorio, 2017).

Por lo tanto, es razonable considerar que los edificios antes de 1977 tendrán una resistencia sísmica inaceptable. Por el contrario, todos los edificios construidos después de 2001, se podrían considerar que tienen un diseño sismo-resistente adecuado (MIDUVI & SGR, 2016), (Osorio, 2017).

*Pre-código (construido antes de 1977) o autoconstrucción* se utilizará este indicador cuando una obra haya sido construida antes de 1977 (primer código ecuatoriano), o cuando la edificación muestre señales que se la construyó sin un profesional a cargo (MIDUVI & SGR, 2016), (Osorio, 2017).

*Construido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)* se utilizará este indicador cuando una edificación haya sido construida entre los años 1977 y 2001

*Post-código moderno (construido a partir de 2001)* se utilizará este indicador cuando una edificación haya sido construida después de 2001, año de referencia del diseño sísmico en Ecuador (MIDUVI & SGR, 2016), (Osorio, 2017).

### **Tipo de suelo.**

La metodología (MIDUVI & SGR, 2016) establece que este indicador muestra tres tipos de suelo para calificar a una estructura (C, D y E), a pesar que la NEC-2015 especifica 6 tipos de suelo (Osorio, 2017).

Las edificaciones cimentadas en suelos tipo A y B, no se considera que puedan ser afectadas significativamente frente a un sismo (MIDUVI & SGR, 2016), (Osorio, 2017).

Como se muestra, no hay ningún indicador para tipo de suelo F, ya que las edificaciones cimentadas en este tipo de suelo, no pueden ser evaluadas eficazmente por este procedimiento de evaluación visual rápida. Se requerirá de un ingeniero geotécnico para verificar este tipo de suelo F y un ingeniero con experiencia en evaluación de construcciones mediante este proceso (MIDUVI & SGR, 2016), (Osorio, 2017).

Es importante mencionar que, si la edificación tiene un sistema de pilotaje en su cimentación, la edificación podrá ser calificada con un tipo de suelo “mejorado”. Por ejemplo, si la estructura está construida sobre un tipo de suelo E, según los mapas de caracterización de suelos, y tiene pilotes como cimentación, se podrá calificar en el formulario de evaluación como suelo tipo D (MIDUVI & SGR, 2016), (Osorio, 2017).

Se describen a continuación las características de cada tipo de suelo que se presentan como modificador en el formulario, y constan en la NEC-2015. (Ver anexo 1)

**Tipo de suelo C:** : perfiles de suelos muy densos o roca blanda, con velocidad de onda cortante de suelo entre 360 y 760 m/s  $> V_s \geq 180$  m/s) o con suelos que cumplan con cualquiera de estos dos criterios: número medio de golpes del ensayo de penetración estándar mayor o igual a 50 ( $N \geq 50$ ) y la resistencia al corte no drenado sea mayor o igual a 100 kPa ( $S_u \geq 100$ ) (MIDUVI & SGR, 2016).

**Tipo de suelo D:** perfiles de suelos rígidos, con velocidad de onda cortante de suelo mayores o iguales que 180 m/s, pero menores que 360 m/s ( $360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$ ) ó con suelos que cumplan con cualquiera de estas dos condiciones: número medio de golpes del ensayo de penetración estándar mayores o iguales a 15 pero menores que 50 ( $50 > N \geq 15$ ) y la

resistencia al corte no drenado sea mayor o igual a 50 kPa pero menor a 100 kPa ( $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$ ) (MIDUVI & SGR, 2016), (Osorio, 2017).

**Tipo de suelo E:** perfiles con velocidad de onda cortante de suelo menores a 180 m/s ( $V_s < 180 \text{ m/s}$ ) ó perfiles que contienen un espesor total H mayor a 3 metros de arcillas blandas con: índice de plasticidad mayor a 20 ( $IP > 20$ ), contenido de agua mayor o igual al 40% ( $w \geq 40\%$ ) y resistencia al corte no drenado menor a 50 kPa ( $S_u < 50 \text{ kPa}$ ) (MIDUVI & SGR, 2016), (Osorio, 2017).

### **Puntaje Final, S y Grado de Vulnerabilidad Sísmica**

El puntaje estructural final, “S”, para una edificación, se determina mediante la suma y/o resta de los valores de los modificadores antes explicados. Una vez obtenido el puntaje final “S”, el evaluador deberá marcar con una “X” o visto el grado de vulnerabilidad de la estructura. Si “S” es mayor a 2.5 se considera que la estructura tiene una vulnerabilidad baja, si resultado S está entre 2 y 2.5 se considera una edificación de vulnerabilidad media y si el puntaje final S es menor a 2, entonces será una estructura de alta vulnerabilidad y requerirá una evaluación especial, realizado por un ingeniero experto en diseño estructural (MIDUVI & SGR, 2016), (Osorio, 2017).

Fundamentalmente, el puntaje final “S”, es una estimación o probabilidad de que la edificación colapsará si se produce un evento sísmico. Esta estimación se basa en los modificadores antes mencionados y en la habilidad del profesional a cargo de la evaluación para tomar los datos correctos; por lo tanto, es una calificación de vulnerabilidad frente a eventos sísmicos aproximada. Por ejemplo, un puntaje  $S = 2$  implica que hay una probabilidad de 1 en, 1 en 100 de que la edificación se derrumbe (MIDUVI & SGR, 2016), (Osorio, 2017).

Además, como se indicó anteriormente, si por algún motivo, no se puede determinar la tipología de la estructura, y el acceso a la edificación es imposible, el evaluador deberá eliminar aquellos sistemas estructurales que sean imposibles para la estructura en estudio y calificar las posibles opciones que quedan. El resultado final, S, que se considere será el de menor valor y se marcará el grado de vulnerabilidad de la estructura (MIDUVI & SNGR, 2015), (Osorio, 2017).

**Tabla 10:** Valoración para grado de vulnerabilidad sísmica - Formato Guía de Evaluación NEC

| Grado de vulnerabilidad | Puntaje         |
|-------------------------|-----------------|
| Alta                    | $S < 2.0$       |
| Media                   | $2.0 > S > 2.5$ |
| Baja                    | $S > 2.5$       |

**Fuente:** (MIDUVI & SGR, 2016)

### Observaciones:

Esta última parte del formulario es para registrar observaciones que el evaluador desee hacer con respecto a la construcción, uso, condición, circunstancias inusuales que presente la edificación o algún detalle importante que se crea necesario mencionar.

Este procedimiento de evaluación visual rápida que se presenta en esta guía, es una detección preliminar de muchas fases que puede tener el identificar a los edificios que son vulnerables frente a un sismo.

Las edificaciones identificadas como vulnerables mediante este proceso de evaluación deberán ser analizadas con mayor detalle por un ingeniero especialista en diseño sísmico. (MIDUVI & SGR, 2016), (Osorio, 2017).

Además de identificar potencialmente a las edificaciones sísmicamente vulnerables, los resultados de este proceso de evaluación también podrían servir para otros fines como: diseño de programas de mitigación de riesgos sísmicos para un barrio, ciudad etc., inventarios de edificaciones para posibles rehabilitaciones, planes de emergencia durante y después de un evento sísmico etc. (MIDUVI & SGR, 2016), (Osorio, 2017).

**Tabla 11:** Formulario de Evaluación visual rápida de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones

| EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES |                                                   |                                                           |      |      |                                 |      |                                                                   |      |      |      |      |                      |      |  |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------|------|---------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|----------------------|------|--|
| ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACION DE LA EDIFICACIÓN         |                                                   | DATOS DE LA EDIFICACIÓN                                   |      |      |                                 |      |                                                                   |      |      |      |      |                      |      |  |
|                                                                     |                                                   | Dirección:                                                |      |      |                                 |      |                                                                   |      |      |      |      |                      |      |  |
|                                                                     |                                                   | Nombre de la edificación:                                 |      |      |                                 |      |                                                                   |      |      |      |      |                      |      |  |
|                                                                     |                                                   | Sitio de referencia:                                      |      |      |                                 |      |                                                                   |      |      |      |      |                      |      |  |
|                                                                     |                                                   | Tipo de uso:                                              |      |      |                                 |      |                                                                   |      |      |      |      | Fecha de evaluación: |      |  |
|                                                                     |                                                   | Año de construcción:                                      |      |      |                                 |      |                                                                   |      |      |      |      | Año de remodelación: |      |  |
|                                                                     |                                                   | Área construida (m <sup>2</sup> ):                        |      |      |                                 |      |                                                                   |      |      |      |      | Número pisos:        |      |  |
|                                                                     |                                                   | DATOS DEL PROFESIONAL                                     |      |      |                                 |      |                                                                   |      |      |      |      |                      |      |  |
|                                                                     |                                                   | Nombre del evaluador:                                     |      |      |                                 |      |                                                                   |      |      |      |      |                      |      |  |
|                                                                     |                                                   | C.I.                                                      |      |      |                                 |      |                                                                   |      |      |      |      |                      |      |  |
| Registro SENESCYT                                                   |                                                   |                                                           |      |      |                                 |      |                                                                   |      |      |      |      |                      |      |  |
| FOTOGRAFIA                                                          |                                                   |                                                           |      |      |                                 |      |                                                                   |      |      |      |      |                      |      |  |
| TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL                                   |                                                   |                                                           |      |      |                                 |      |                                                                   |      |      |      |      |                      |      |  |
| Madera                                                              | W1                                                | Pórtico hormigón armado                                   |      |      |                                 | C1   | Pórtico Acero Laminado                                            |      |      |      | S1   |                      |      |  |
| Mampostería sin refuerzo                                            | URM                                               | Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzos |      |      |                                 | C2   | Pórtico Acero Laminado con diagonales                             |      |      |      | S2   |                      |      |  |
| Mampostería reforzada                                               | RM                                                | Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzos |      |      |                                 | C3   | Pórtico Acero Doblado en frío                                     |      |      |      | S3   |                      |      |  |
| Mixta acero-hormigón o mixta madera-hormigón                        | MX                                                |                                                           |      |      |                                 |      | Pórtico Acero Laminado con muros estructurales de hormigón armado |      |      |      | S4   |                      |      |  |
|                                                                     |                                                   | 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 a 4 pisos)                                       | 0.0                                               | 0.0                                                       | 0.0  | 0.0  | 0.0                             | 0.0  | 0.0                                                               | 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                                              | -1.0                                                      | -1.0 | -1.5 | -1.5                            | -1.0 | -1.0                                                              | -1.0 | -1.0 | -1.5 | -1.5 | -1.0                 | -1.0 |  |
| 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 construido             | 0.0                                               | -0.2                                                      | -1.0 | -1.2 | -1.2                            | -1.0 | -0.2                                                              | -0.8 | -1.0 | -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  | 0.0                                                               | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0                  | 0.0  |  |
| Post código moderno (construido a partir de 2001)                   | 1.0                                               | N/A                                                       | 2.8  | 1.0  | 1.4                             | 2.4  | 1.4                                                               | 1.0  | 1.4  | 1.4  | 1.0  | 1.6                  | 1.0  |  |
| TIPO DE SUELO                                                       |                                                   |                                                           |      |      |                                 |      |                                                                   |      |      |      |      |                      |      |  |
| Tipo de suelo C                                                     | 0.0                                               | -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                                               | -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                                               | -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 especial |                                                           |      |      | Firma responsable de evaluación |      |                                                                   |      |      |      |      |                      |      |  |
| 2.0>S>2.5                                                           | Media vulnerabilidad                              |                                                           |      |      |                                 |      |                                                                   |      |      |      |      |                      |      |  |
| S>2.5                                                               | Baja vulnerabilidad                               |                                                           |      |      |                                 |      |                                                                   |      |      |      |      |                      |      |  |
| OBSERVACIONES:                                                      |                                                   |                                                           |      |      |                                 |      |                                                                   |      |      |      |      |                      |      |  |

Fuente: (MIDUVI & SGR, 2016)



### **2.3.3 Método ATC 21 (FEMA P-154).**

Fue desarrollado este método por la Agencia Federal de Manejo de Emergencias de los Estados Unidos (FEMA) con el objeto de determinar la seguridad sísmica de las diferentes construcciones civiles (FEMA P-154, 2015), (Alvarez Sanchez & Pulgar Santacruz, 2019). Está orientado a determinar cuáles estructuras poseen niveles alto de vulnerabilidad y porcentaje de colapsos. Se constituye el FEMA P-154 apropiado para evaluar conjunto de estructuras por tratarse de un análisis rápido. Del mismo modo facilita conocer las estructuras que no tendrían que ser consideradas lugar de refugio por su grado de vulnerabilidad. (FEMA P-154, 2015), (Alvarez Sanchez & Pulgar Santacruz, 2019).

Inicialmente se utilizó en Estados Unidos por la Agencia Federal de Manejo de Emergencias, validados sus eficaces resultados y fácil aplicación, varios países alrededor del mundo lo usan para hacer una evaluación rápida que permita tener datos de alta vulnerabilidad en hospitales, colegios, edificios, etc. (FEMA P-154, 2015), (Alvarez Sanchez & Pulgar Santacruz, 2019).

Se describe a continuación los parámetros necesarios que toma la metodología para la evaluación de distintas edificaciones existentes:

Paso 1: Debe determinarse la región sísmica. Esto se hará escogiendo el tipo de cartilla de encuesta a utilizar con la finalidad de realizar la evaluación de las diferentes construcciones. Los cuestionarios se dividen en sismicidad baja, sismicidad moderada, sismicidad moderada-alta, sismicidad alta y sismicidad muy alta (FEMA P-154, 2015), (Alvarez Sanchez & Pulgar Santacruz, 2019)

La zona sísmica, se escoge a partir de la verificación del período del suelo, que mediante la aceleración espectral se obtiene, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 12:** *Región sísmica según aceleración espectral*

| Región sísmica |               | Aceleración del suelo según el periodo (periodo corto o 0.2 s) | Aceleración del suelo según el periodo (periodo largo o 1 s) |
|----------------|---------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                | Bajo          | menos de 0.25g                                                 | menos de 0.10g                                               |
|                | Moderado      | mayor o igual a 0.25g pero menor que 0.50g                     | mayor o igual a 0.10g pero menor que 0.20g                   |
|                | Moderado alto | mayor o igual a 0.50g pero menor que 1.00g                     | mayor o igual a 0.20g pero menor que 0.40g                   |
|                | Alto          | mayor o igual a 1.00g pero menor que 1.50g                     | mayor o igual a 0.40g pero menor que 0.60g                   |
|                | Muy alto      | mayor o igual a 1.50g                                          | mayor o igual a 0.60g                                        |

**Fuente:** (FEMA P-154, 2015)

Dato: g = aceleración de la gravedad en dirección horizontal

Nota: Esta tabla provee información para determinar la región sísmica en la que se encuentra la edificación seleccionada para estudio, según la aceleración del suelo. Adaptado de “Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: A handbook”, por FEMA 154.2015. (Alvarez Sanchez & Pulgar Santacruz, 2019)

Paso 2: Determinar el tipo de suelo (FEMA P-154, 2015). Se utiliza este parámetro para determinar si es o no favorable evaluar la edificación, a través de lo que expone la tabla que presenta la American Society of Civil Engineers (ASCE, 203), (Alvarez Sanchez & Pulgar Santacruz, 2019).

**Tabla 13:** Tipo de suelo

| Tipo de suelo                   | Velocidad cortante de las ondas, $V_s$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | SPT, N        | Resistencia no drenada al cortante por encima de los 100 pies, $S_u$ |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------|
| A: Roca dura                    | $V_s > 5000$ pies/s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |               |                                                                      |
| B: Roca                         | $2500$<br>$\text{pies/s} < V_s < 5000 \text{pies/s}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |               |                                                                      |
| C: Suelo muy denso y Roca suave | $1200$<br>$\text{pies/s} < V_s < 2500 \text{pies/s}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $N > 50$      | $S_u > 2000 \text{psf}$                                              |
| D: Suelo rígido                 | $600$<br>$\text{pies/s} < V_s < 1200 \text{pies/s}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | $15 < N < 50$ | $1000 \text{psf} < S_u < 2000 \text{psf}$                            |
| E: Arcilla suave                | $V_s \leq 600$ pies/s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | $N < 15$      | $S_u < 1000 \text{psf}$                                              |
| F: Suelo pobre                  | Más de 10 pies de espesor de suelo con índice de plasticidad $P_f > 20$ , contenido de agua $w > 40\%$ y $S_u < 500 \text{psf}$<br>Suelo que requiere de evaluaciones específicas.<br>-Suelo vulnerable a fallas potenciales o colapso bajo cargas sísmicas como licuefacción del suelo, arcillas altamente sensitivas, suelo colapsable débilmente cementado.<br>-Arcilla orgánica o espesor mayor a 10 pies de turba.<br>-Muy alta plasticidad de las arcillas ( $P_f > 75$ ). -Más de 120 pies de suave o mediana arcilla rígida. |               |                                                                      |

Nota: Demuestra la tabla que antecede el tipo de suelo de acuerdo con las características que presenta, es utilizado por FEMA P-154 y es coincidente con la Norma Ecuatoriana de Construcción, NEC-SE-DS. Adaptado de "Minimum design for buildings and other structures", por ASCE/SEI 7-10, 2013. (Alvarez Sanchez & Pulgar Santacruz, 2019)

Si no se puede determinar el tipo de suelo en el sitio de estudio, la (FEMA P-154, 2015) recomienda tomar las características de suelo rígido (D). debe anotarse además que estos parámetros son similares a los que detalla la norma Ecuatoriana de Construcción, NEC-SE-DS.

Paso 3. Como establece el método de la (FEMA P-154, 2015), se selecciona el tipo de construcción, que se incluye en el inicio de la hoja de evaluación. Se dividen las construcciones así:

W1: Construcciones de madera ligera unifamiliar o multifamiliar de 1 o más pisos.

W1A: Construcciones de madera ligera de varios pisos (construcción residencial) con un área en planta mayor a  $3000 \text{pies}^2 = 280 \text{m}^2$ .

W2: Construcciones de madera comerciales e industriales con un área en planta mayor a  $5000 \text{pies}^2 = 465 \text{m}^2$ .

S1: Construcciones de acero resistente a los momentos.

S2: Construcciones de acero con arriostres.

S3: Construcciones de metal ligero.

S4: Construcciones de acero con placas de concreto.

S5: Construcciones de acero con muros de ladrillo no reforzado.

C1: Construcciones de concreto resistente a los momentos.

C2: Construcciones de concreto con placas.

C3: Construcciones de concreto con muros de ladrillo no reforzado.

PC1: Edificios inclinados.

PC2: Construcciones con concreto prefabricado.

RM1: Construcciones de ladrillo reforzado, con pisos y diafragmas flexibles.

RM2: Construcciones de ladrillo reforzado, con pisos y diafragmas rígidos.

URM: Construcciones con muros de contención de ladrillo sin reforzar.

MH: Construcciones prefabricadas.

La tabla 14, presenta los valores base de calificación y los modificadores que puntúa de acuerdo con el tipo de construcción, y determina el puntaje básico en función de la región de sismicidad.

**Tabla 14: Puntaje básico y modificadores**

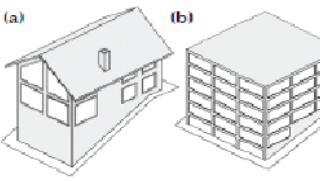
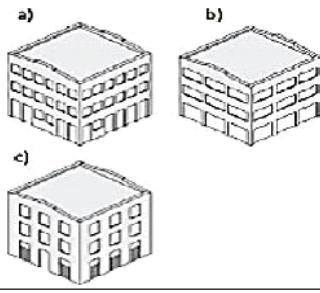
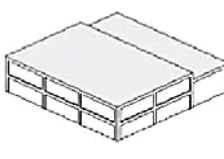
| NOTA DE BASE, MODIFICADORES, Y ULTIMA PUNTUACIÓN NIVEL 1, SL1 |            |      |      |      |          |         |         |            |              |          |         |              |          |      |          |          |      |      |
|---------------------------------------------------------------|------------|------|------|------|----------|---------|---------|------------|--------------|----------|---------|--------------|----------|------|----------|----------|------|------|
| FEMA TIPO DE EDIFICIO                                         | No Sabemos | W1   | W1A  | W2   | S1 (MRF) | S2 (BR) | S3 (LM) | S4 (RC SW) | S5 (URMIN F) | C1 (MRF) | C2 (SW) | C3 (URMI NF) | PC1 (TV) | PC2  | RM1 (FD) | RM2 (RD) | URM  | MH   |
| Puntaje Basico                                                |            | 3,6  | 3,2  | 2,9  | 2,1      | 2,0     | 2,6     | 2,0        | 1,7          | 1,5      | 2,0     | 1,2          | 1,6      | 1,4  | 1,7      | 1,7      | 1,0  | 1,5  |
| Irregularidad Vertical Grave, VL 1                            |            | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,0     | -1,0    | -1,1    | -1,0       | -0,8         | -0,9     | -1,0    | -0,7         | -1,0     | -0,9 | -0,9     | -0,9     | -0,7 | NA   |
| Irregularidad Vertical Moderada, VL1                          |            | -0,7 | -0,7 | -0,7 | -0,6     | -0,6    | -0,7    | -0,6       | -0,5         | -0,5     | -0,6    | -0,4         | -0,6     | -0,5 | -0,5     | -0,5     | -0,4 | NA   |
| Plan de Irregularidad, PL1                                    |            | -1,1 | -1,0 | -1,0 | -0,8     | -0,7    | -0,9    | -0,7       | -0,6         | -0,6     | -0,8    | -0,5         | -0,7     | -0,6 | -0,7     | -0,7     | -0,4 | NA   |
| Pre-Codigo                                                    |            | -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     | 0,00 | -0,1 |
| Posterior-año de Referencia                                   |            | 1,6  | 1,9  | 2,2  | 1,4      | 1,4     | 1,1     | 1,9        | NA           | 1,9      | 2,1     | NA           | 2,0      | 2,4  | 2,1      | 2,1      | NA   | 1,2  |
| Suelo Tipo A o B                                              |            | 0,1  | 0,3  | 0,5  | 0,4      | 0,6     | 0,1     | 0,6        | 0,5          | 0,4      | 0,5     | 0,3          | 0,6      | 0,4  | 0,5      | 0,5      | 0,3  | 0,3  |
| Suelo Tipo E(1-3 Historia)                                    |            | 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 |
| Suelo Tipo E(>3 Historia)                                     |            | 0,3  | -0,6 | -0,9 | -0,6     | -0,6    | NA      | -0,6       | -0,4         | -0,5     | -0,7    | -0,3         | NA       | -0,4 | -0,5     | -0,6     | -0,2 | NA   |
| Puntaje Mínimo S <sub>MIN</sub>                               |            | 1,1  | 0,9  | 0,7  | 0,5      | 0,5     | 0,6     | 0,5        | 0,5          | 0,3      | 0,3     | 0,3          | 0,2      | 0,2  | 0,3      | 0,3      | 0,2  | 1,0  |
| FINAL PUNTAJE NIVEL 1, SL1≥ S <sub>MIN</sub>                  |            |      |      |      |          |         |         |            |              |          |         |              |          |      |          |          |      |      |

**Fuente:** (FEMA P-154, 2015)

Cada una de estas presenta un conjunto único de puntuación básica, en el caso del presentado en la tabla 14, corresponde al formulario de toma de datos para una zona de alto riesgo sísmico.

La selección de la tipología de la edificación se realiza considerando aspectos como: la adyacencia, los materiales de construcción y adiciones, mediante la implementación de una inspección interna y externa en la edificación, para la posterior puntuación de los modificadores. La tipología estructural está en función del tipo de construcción, si alguna de las características estructurales no se aplica para algún tipo de construcción FEMA; se debe considerar N/A, esto indica que dicha puntuación de modificador no es aplicable. (FEMA P-154, 2015)

Paso 4. Se verifican las irregularidades verticales que puedan tener las edificaciones, las mismas que pueden ser: edificaciones en lugares inclinados, piso débil, columna corta, desviación en los pisos superiores e inferiores que se conocen como (out-of-plane setback)

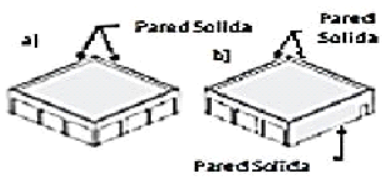
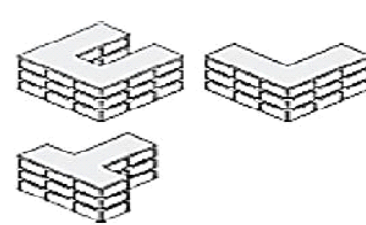
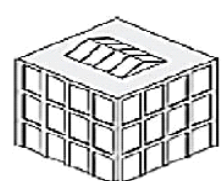
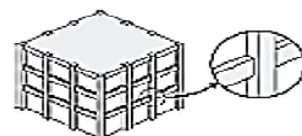
|                             | <b>Irregularidad vertical</b>                                                       | <b>Severidad</b> | <b>Instrucciones</b>                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sitio inclinado</b>      |    | <b>Varia</b>     | Se aplica si hay más de 1 piso inclinado. a) para W1, moderado y b) para las demás estructuras, severo.                                                                                               |
| <b>Piso débil</b>           |                                                                                     | <i>severa</i>    | c) Cuando uno de los pisos tiene menos muros o columnas que los otros y d) cuando un piso es más alto que los otros.                                                                                  |
| <b>Out-of-plane setback</b> |                                                                                     | <b>Severo</b>    | Aplica cuando se tiene esquinas verticales que hacen variar la homogeneidad de las estructuras.                                                                                                       |
| <b>Columna corta/</b>       |   | <b>Severo</b>    | a) Cuando algunas columnas son más pequeños que los otros en el mismo piso, b) cuando las columnas son más pequeños que el peralte de las vigas y c) hay muros que acortan el tamaño de las columnas. |
| <b>In-plane setback</b>     |                                                                                     | <b>Moderado</b>  | Se aplica cuando hay descompensación de los sistemas laterales                                                                                                                                        |
| <b>Niveles de división</b>  |  | <b>Moderado</b>  | Se aplica si el diafragma de la construcción no está alineado con los demás.                                                                                                                          |

**Ilustración 18:** Irregularidades verticales

Nota. Muestra esta tabla los tipos de irregularidades verticales y su severidad según corresponda.

Adaptado de “Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook”, por FEMA 154, 2015. (Alvarez Sanchez & Pulgar Santacruz, 2019)

Paso 5: Las irregularidades en planta serán verificadas tales como: torsión, sistemas no paralelos, esquinas entrantes, diafragmas abiertos y vigas no alineadas a las columnas como se muestra en la siguiente figura.

| Irregularidad en planta         |                                                                                     | Instrucción                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Torsión                         |    | Aplicar si hay una buena resistencia lateral en una dirección, pero no la otra, o si hay rigidez excéntrica en la planta (como se muestra en las figuras (a) y (b)); paredes sólidas en dos o tres lados con paredes con las porciones de aberturas en los lados restantes. |
| Sistemas no paralelos           |    | Aplicar si los lados del edificio no forman ángulos de 90 grados                                                                                                                                                                                                            |
| Esquinas entrantes              |   | Aplicará si hay un rincón de reentrada, es decir, el edificio es L, T, U, o en forma de +, con proyecciones de más de 20 pies. Siempre que sea posible, comprobar para ver si hay separaciones sísmicas donde las alas se encuentran.                                       |
| Diafragmas abiertos             |  | Aplicar si hay una abertura que tiene una anchura de más de 50% de la anchura de la membrana en cualquier nivel                                                                                                                                                             |
| Vigas no alineadas con columnas |  | Aplicar si las vigas exteriores no se alinean con las columnas en la planta. Típicamente, esto se aplica a edificios de concreto, donde las columnas perimetrales están por fuera de las vigas perimetrales.                                                                |

**Ilustración 19:** Irregularidades de planta, según FEMA- P-154

Nota: Ilustra la figura los tipos de irregularidades en planta según su característica, adaptado de “Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook”, por FEMA 154, 2015. (Alvarez Sanchez & Pulgar Santacruz, 2019).

Además, señala que la proporción de irregularidades verticales y en planta deben ser evaluadas de forma visual para el nivel 1 de verificación.

Paso 6: Se definirán los pre-codes y post-benchmarks, los mismos que están establecidos por los años en que las normas cambiaron drásticamente, en Ecuador se utilizará 1997 conforme se encuentra definido en la Norma Ecuatoriana de Construcción.

Finalmente, una vez que se encuentra el valor final  $S$  podrá predecirse el permisible comportamiento que la estructura pueda tener, de la siguiente manera:

La clasificación del nivel de vulnerabilidad que tiene una edificación se determina conforme se muestra en la tabla 15.

**Tabla 15:** Interpretación de resultados sobre la base de índices de vulnerabilidad

| Interpretación de los resultados (comportamiento esperado de las construcciones) |                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| $S < 0.3$                                                                        | Alta probabilidad de tener daño de grado 5 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 4 |
| $0.3 < S < 0.7$                                                                  | Alta probabilidad de tener daño de grado 4 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 3 |
| $0.7 < S < 2.0$                                                                  | Alta probabilidad de tener daño de grado 3 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 2 |
| $2.0 < S < 3.0$                                                                  | Alta probabilidad de tener daño de grado 2 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 1 |
| $S > 3.0$                                                                        | Probabilidad de tener daño de grado 1                                                       |

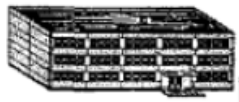
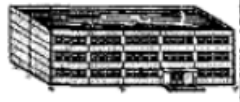
Nota: Muestra esta tabla como deberá ser interpretado el resultado que se obtenga en grados de daño.

Adaptado de “Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook”, por FEMA 154, 2015. (Alvarez Sanchez & Pulgar Santacruz, 2019)

Como soporte de la interpretación que se realice con estos datos, se clasificara el daño de la siguiente manera, como se expone en la tabla siguiente:



**Tabla 16:** Clasificación del daño para estructuras de concreto

| Clasificación de daño para estructuras de concreto con muros                                                                                                                                                                                         | Gráficos                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Grado 1: Daños despreciables o ligeros (ningún daño estructural, daños no-estructurales ligeros), fisuras en los tabiques.                                                                                                                           |    |
| Grado 2: Daños moderados (daños estructurales ligeros, daños no-estructurales moderados), grietas en vigas y en los muros estructurales y Grietas en los tabiques, caída de revestimientos y enlucidos frágiles.                                     |    |
| Grado 3: Daños importantes a graves (daños estructurales moderados, daños no-estructurales graves), grietas en columnas y vigas y en las juntas de los muros. Grandes grietas en tabiques y muros.                                                   |    |
| Grado 4: Daños muy graves (daños estructurales graves, daños no estructurales muy graves), Grandes grietas en los elementos estructurales por compresión y rotura de armadura, inclinación de columnas. Colapso de algunas columnas o plantas altas. |    |
| Grado 5: Destrucción (daños estructurales muy graves), colapso de la planta baja o de algunas partes de la edificación.                                                                                                                              |  |

Nota: Muestra esta tabla, pormenores de respuesta de las edificaciones posterior a un sismo severo, en relación con el grado de daño. Adaptado de “Intensidad macrosísmica”, por Instituto Geográfico Nacional de Madrid (Escala Macrosísmica Europea), 1999. (Alvarez Sanchez & Pulgar Santacruz, 2019).

Demuestra la tabla que, los daños primero y segundo se consideran NO vulnerables, daños grado tres se consideran vulnerables, mientras que los daños grado cuatro y cinco se valoran como muy vulnerables.

En las siguientes tablas se muestran los formatos empleados por FEMA P-154 para verificación de vulnerabilidad para el nivel 1, el nivel 2 (detalle más amplio), en regiones altamente sísmicas y moderadamente altas.

### Nivel 1: Sismicidad Alta

**Tabla 17:** Formulario de encuesta nivel 1.

Exploración rápida visual de los edificios para los posibles riesgos sísmicos

FEMA P-154 Formulario de Recolección de Datos

Nivel 1

ALTA Sismicidad

FOTOGRAFIA

Dirección:

Codigo Postal

Otra Identificación:

Nombre del Edificio:

Uso:

Latitud:

Longitud:

Ss:

S1:

Inspector(s):

Fecha/Hora:

No. Pisos:

Niveles superiores:

Niveles inferior:

Año de Construcción:

Superficie total del Suelo (sq. Ft.):

Codigo año:

Adiciones:

☐ Ninguna
☐ Sí, Años Construcción:

Ocupación:

Asamblea

Comercial

Ser. Emergencia

☐ Historico

☐ Albergue

Industrial

Oficina

Escuela

☐ Gobierno

Utilidad

Almacén

Residencial, # Unid:

1

Tipo de Suelo:

A

☐

B

☐

C

☐

D

☐

E

☐

F

☐

No sé

Roca

Roca

Suelo

Suelo

Suelo

Suelo

Sí No sabe, asumir Tipo D.

Dura

Debil

Denso

Duro

Blando

pobre

Riesgos Geológicos:

Licuefacción: Si/No/No sé

Deslizamientos: Si/No/No sé

Rup. Superf.: Yes/No/No sé

Adyacencia:

☐ Golpes

☐ Peligro de Caída del Edificio Adyacente

Irregularidad:

☐ Vertical (tipo/severidad)

☐ Planta (tipo)

y una abertura en la losa en el area de la escalera.

Peligros

☐ Chimeneas sin soporte lateral

☐ Revestimiento pesado o enchapado de madera pesada

Caída de Exterior

☐ Parapetos

☐ Apéndices

☐ Otros:

COMENTARIOS:

☐ Dibujos Adicionales o comentarios en pagina separada.

BOSQUEJO

NOTA DE BASE, MODIFICADORES, Y ULTIMA PUNTUACIÓN NIVEL 1, SL1

| FEMA TIPO DE EDIFICIO                | No Sabemos | W1   | W1A  | W2   | S1 (MRF) | S2 (BR) | S3 (LM) | S4 (RC SW) | S5 (URMIN F) | C1 (MRF) | C2 (SW) | C3 (URMI NF) | PC1 (TV) | PC2  | RM1 (FD) | RM2 (RD) | URM  | MH   |
|--------------------------------------|------------|------|------|------|----------|---------|---------|------------|--------------|----------|---------|--------------|----------|------|----------|----------|------|------|
| Puntaje Basico                       |            | 3,6  | 3,2  | 2,9  | 2,1      | 2       | 2,6     | 2          | 1,7          | 1,5      | 2       | 1,2          | 1,6      | 1,4  | 1,7      | 1,7      | 1    | 1,5  |
| Irregularidad Vertical Grave, VL 1   |            | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,0     | -1,0    | -1,1    | -1,0       | -0,8         | -0,9     | -1,0    | -0,7         | -1,0     | -0,9 | -0,9     | -0,9     | -0,7 | NA   |
| Irregularidad Vertical Moderada, VL1 |            | -0,7 | -0,7 | -0,7 | -0,6     | -0,6    | -0,7    | -0,6       | -0,5         | -0,5     | -0,6    | -0,4         | -0,6     | -0,5 | -0,5     | -0,5     | -0,4 | NA   |
| Irregularidad de planta, PL1         |            | -1,1 | -1,0 | -1,0 | -0,8     | -0,7    | -0,9    | -0,7       | -0,6         | -0,6     | -0,8    | -0,5         | -0,7     | -0,6 | -0,7     | -0,7     | -0,4 | NA   |
| Pre-Codigo                           |            | -1,1 | -1,0 | -0,9 | -0,6     | -0,6    | -0,8    | -0,6       | -0,2         | -0,4     | -0,7    | -0,1         | -0,5     | -0,3 | -0,5     | -0,5     | 0,0  | -0,1 |
| Posterior-año de Referencia          |            | 1,6  | 1,9  | 2,2  | 1,4      | 1,4     | 1,1     | 1,9        | NA           | 1,9      | 2,1     | NA           | 2,0      | 2,4  | 2,1      | 2,1      | NA   | 1,2  |
| Suelo Tipo A o B                     |            | 0,1  | 0,3  | 0,5  | 0,4      | 0,6     | 0,1     | 0,6        | 0,5          | 0,4      | 0,5     | 0,3          | 0,6      | 0,4  | 0,5      | 0,5      | 0,3  | 0,3  |
| Suelo Tipo E(1-3 Pisos)              |            | 0,2  | 0,2  | 0,1  | -0,2     | -0,4    | 0,2     | -0,1       | -0,4         | 0,0      | 0,0     | -0,2         | -0,3     | -0,1 | -0,1     | -0,1     | -0,2 | -0,4 |
| Suelo Tipo E(>3 Pisos)               |            | 0,3  | -0,6 | -0,9 | -0,6     | -0,6    | NA      | -0,6       | -0,4         | -0,5     | -0,7    | -0,3         | NA       | -0,4 | -0,5     | -0,6     | -0,2 | NA   |
| Puntaje Mínimo S <sub>MIN</sub>      |            | 1,1  | 0,9  | 0,7  | 0,5      | 0,5     | 0,6     | 0,5        | 0,5          | 0,3      | 0,3     | 0,3          | 0,2      | 0,2  | 0,3      | 0,3      | 0,2  | 1,0  |

FINAL PUNTAJE NIVEL 1, SL1≥ S<sub>MIN</sub>

Alcance de Control

Exterior:

☐ Parcial

☐ Todos los

☐ Aereo

Interior:

☐ Ninguna

☐ Visible

Dibujo comentado:

☐ Si

☐ No

Tipo de fuente de Suelo:

Tipo de fuente peligro Geológico:

Persona de Contacto

INSPECCIÓN DEL NIVEL 2 REALIZADA ?

☐ Si, Final puntuación Nivel 2, SL2

☐ No

Peligros No estructurales:

☐ Yes

☐ No

OTROS RIESGOS

¿Hay peligros que provocan una evaluación detallada estructural?

☐ Golpeado potencial(a menos SL2>línea de cortesí se conoce)

☐ Riesgo de caída de mas edificios altos adyacentes

☐ Riesgos Geológicos o Tipo de Suelo

☐ daños significativos / deterioro al sistema estructural.

ACCION REQUERIDA

Evaluación detallada estructural requerida?

☐ Si, tipo de edificio desconoce Fema u otro edificio.

☐ Si, el resultado da menos que el de corte

☐ Si, si presentan otros peligros.

☐ No

Evaluación detallada no estructural recomendada?

☐ Si, los peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados

☐ No, existen peligros no estructurales que pueden requerir la mitigación, sino una evaluación detallada no es necesaria

☐ No, no hay peligros no estructurales identificados

☐ No sé

Cuando la información no puede ser verificada, se criba en cuenta lo siguiente: EST = estimado o datos fiables o DNK un = No lo sé

Leyenda

MRF= Momento resistente marco

RC= Concreto Reforzado

URM INF= Mampostería de relleno no reforzada.

BR= Marco arriostrado

SW= Muro de Corte

TU= Levantarse

MH= Casas Manufacturadas

FD= Diafragma Flexible

LM= Metal Ligero

RD= Diafragma rigido

**Nota:** Muestra este formulario el nivel 1 de comprobación del índice de vulnerabilidad para una zona de alta sismicidad. Adaptado de “Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook”, por FEMA 154, 2015 (Alvarez Sanchez & Pulgar Santacruz, 2019).

## Nivel 2: Sismicidad Alta

**Tabla 18: Formulario de encuesta nivel 2.**

| Exploración rápida visual de los edificios de posibles riesgos sísmicos.                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  | Nivel 2 (Opcional) |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------|--|
| FEMA P-154 Formulario de Recolección de Datos.                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  | Alta sismicidad    |  |
| La recopilación de datos de nivel 2 opcional al ser realizado por un profesional de la Ingeniería civil o estructurales, un arquitecto o un estudiante graduado con experiencia en la evaluación y el diseño de edificios sísmica. |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |                    |  |
| Nombre edificio:                                                                                                                                                                                                                   | Puntaje Final Nivel 1: $S_{L1} =$                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                            | (no se considera $S_{MN}$ )      |                    |  |
| Inspector:                                                                                                                                                                                                                         | Modificadores de Irregularidad Nivel 1: Vertical Irregularity, $V_{L1} =$                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                            | Irregularidad planta, $P_{L1} =$ |                    |  |
| Fecha/Hora:                                                                                                                                                                                                                        | PUNTAJE BASE AJUSTADO: $S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |                    |  |
| <b>MODIFICADORES ESTRUCTURAL PARA AGREGAR A LA PUNTUACIÓN DE REFERENCIA AJUSTADA</b>                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |                    |  |
| Tema                                                                                                                                                                                                                               | Declaración (Si la declaración es verdad, encierre el modificador en un círculo el "Si", sino tachar el modificador)                                                                                                        | Si                                                                                                                                                                                                                                         | Subtotales                       |                    |  |
| Irregularidad Vertical, $V_{L2}$                                                                                                                                                                                                   | Pendiente en sitio                                                                                                                                                                                                          | Edificio W1: Hay por lo menos un completo cambio de grado de piso desde el lado del edificio al otro.                                                                                                                                      | -1,2                             |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | Piso debil Y/o blando (maximo encierre en un círculo)                                                                                                                                                                       | No Edificio W1: Hay por lo menos un completo cambio de grado de piso desde el lado del edificio al otro.                                                                                                                                   | -0,3                             |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                             | Edificio W1 pared baja: Una pared baja sin refuerzo es visible en el espacio de rastreo                                                                                                                                                    | -0,6                             |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                             | W1 casa de garaje: Debajo de un piso que ocupa, hay una apertura de garaje sin un marco de acero y de momento hay menos de 20 cm de pared en la misma línea (para múltiples pisos ocupados anteriormente, utilizar 40 cm mínimo de pared). | -1,2                             |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                             | W1 Un edificio abierto de frente: Hay aberturas en el suelo de los pisos (como para el estacionamiento) en por lo menos 50% de la longitud del edificio.                                                                                   | -1,2                             |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | Caidas                                                                                                                                                                                                                      | No edificio W1: Longitud del sistema lateral en cualquier piso es menor que 50% del piso superior o la altura de cualquier piso es mas de dos veces la altura del piso superior.                                                           | -0,9                             |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                             | No edificio W1: Longitud del sistema lateral en cualquier piso es entre el 50% y el 75% de los del piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1,3 y 2,0 veces la altura del piso superior.                                       | -0,5                             |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                             | Elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están por fuera de los del piso de abajo haciendo el desplazamiento en el diafragma a voladizo.                                                                               | -1,0                             |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | Columna/Pila Corta                                                                                                                                                                                                          | Elementos verticales del sistema lateral en plantas superiores estan por dentro de los que estan en pisos inferiores.                                                                                                                      | -0,5                             |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                             | Hay un desplazamiento de los elementos laterales que es mayor que la longitud de los elementos en el plano.                                                                                                                                | -0,3                             |                    |  |
| Irregularidad Planta, $P_{L2}$                                                                                                                                                                                                     | C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Al menos 20% de columnas (o pilares) a lo largo del eje de la columna en el sistema lateral tienen relaciones altura/ancho de menos de 50% de la relación altura/ancho nominal a ese nivel. | -0,5                                                                                                                                                                                                                                       |                                  |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: El ancho de la columna (o ancho de pilar) es menos de la mitad del ancho de la enjuta o hay paredes adyacentes o suelos de relleno que acortan la columna.                                  | -0,5                                                                                                                                                                                                                                       |                                  |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | Dividido                                                                                                                                                                                                                    | Hay un nivel de división en uno de los niveles de piso o en el techo                                                                                                                                                                       | -0,5                             |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | Otras                                                                                                                                                                                                                       | Hay otra irregularidad grave vertical observable que obviamente afecta el comportamiento sísmico del edificio                                                                                                                              | -1,0                             | $V_{L2} =$         |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | Irregularidad                                                                                                                                                                                                               | Hay otra irregularidad vertical moderada observable que puede afectar al comportamiento sísmico del edificio.                                                                                                                              | -0,5                             | $(Cap at -1,2)$    |  |
| Exceso                                                                                                                                                                                                                             | Sistema lateral no aparece relativamente bien distribuida en planta en cualquiera o ambas direcciones. (No incluya la irregularidad frente abierto W1A enumerados anteriormente).                                           | -0,7                                                                                                                                                                                                                                       |                                  |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | Sistema no paralelo: Hay uno o más principales elementos verticales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.                                                                                                    | -0,4                                                                                                                                                                                                                                       |                                  |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | Esquina reentrante. Ambas proyecciones, desde la esquina interior superen el 25% de la dimensión global del plan en esa dirección.                                                                                          | -0,4                                                                                                                                                                                                                                       |                                  |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | Abertura de diafragma. Hay una abertura en el diafragma con una anchura de más de 50% del total al ancho de diafragma en ese nivel.                                                                                         | -0,2                                                                                                                                                                                                                                       |                                  |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | Edificio C1, C2 desplazado fuera del plano: Las vigas exteriores no se alinean con las columnas en el plano.                                                                                                                | -0,4                                                                                                                                                                                                                                       | $P_{L2} =$                       |                    |  |
| Golpeando                                                                                                                                                                                                                          | Otra irregularidad. Hay otra irregularidad plana observable que obviamente afecta al comportamiento sísmico de los edificios.                                                                                               | -0,7                                                                                                                                                                                                                                       | $(Cap at -1,1)$                  |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | El edificio tiene al menos dos tramos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.                                                                                                                   | 0,3                                                                                                                                                                                                                                        |                                  |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | El edificio se separa de una estructura adyacente en menos del 1% de la altura de la mas corta del edificio y estructura adyacente y:                                                                                       | -1,0                                                                                                                                                                                                                                       |                                  |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | Las plantas no se alinean verticalmente dentro de 60 cm                                                                                                                                                                     | -1,0                                                                                                                                                                                                                                       |                                  |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | Un edificio es de 2 o más pisos más alto que el otro.                                                                                                                                                                       | -0,5                                                                                                                                                                                                                                       |                                  |                    |  |
| Edificio S2                                                                                                                                                                                                                        | El edificio se encuentra al final del bloque.                                                                                                                                                                               | -0,5                                                                                                                                                                                                                                       |                                  |                    |  |
| Edificio C1                                                                                                                                                                                                                        | "K" geometría de arriostramiento es visible                                                                                                                                                                                 | -1,0                                                                                                                                                                                                                                       |                                  |                    |  |
| Edificio PC1/RM1                                                                                                                                                                                                                   | Placa plana sirve como la viga en el marco de momento.                                                                                                                                                                      | -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                                                                                                                                                                                                                                        |                                  |                    |  |
| URM                                                                                                                                                                                                                                | El edificio tiene espacios estrechos, alturas llenas de las paredes interiores (en lugar de un espacio interior con algunas paredes interiores como en un almacén)                                                          | 0,3                                                                                                                                                                                                                                        |                                  |                    |  |
| MH                                                                                                                                                                                                                                 | Gabietes de paredes estan presentes.                                                                                                                                                                                        | -0,4                                                                                                                                                                                                                                       |                                  |                    |  |
| Reequipamiento                                                                                                                                                                                                                     | Hay un sistema de soporte sísmico suplementario proporcionado entre el carro y el suelo.                                                                                                                                    | 1,2                                                                                                                                                                                                                                        | $M =$                            |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | Reforzamiento sísmico integral es visible o conocido a partir de dibujos                                                                                                                                                    | 1,4                                                                                                                                                                                                                                        |                                  |                    |  |
| <b>PUNTAJE FINAL NIVEL 2, <math>SL2 = (S' + VL2 + PL2 + M) \geq S_{MIN}</math>:</b>                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |                    |  |
| (Trasladado al formulario del nivel 1)                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |                    |  |
| Hay un daño o deterioro observable u otra condición que afecta negativamente al comportamiento sísmico del edificio: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No                                                       |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |                    |  |
| En caso afirmativo, describir la condición en el cuadro de comentarios a continuación e indicar en el formulario de nivel 1 que la evaluación detallada se requiere anotar independiente de los edificios                          |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |                    |  |
| <b>PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES</b>                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |                    |  |
| Ubicación                                                                                                                                                                                                                          | Declaración (Marque "Si" o "No")                                                                                                                                                                                            | Si                                                                                                                                                                                                                                         | No                               | Comentario         |  |
| Exterior                                                                                                                                                                                                                           | Hay un parapeto de mampostería no reforzada no arriostrado o chimenea de mampostería no reforzada no arriostrado                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | Hay revestimiento pesado o enchapado pesado.                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | Hay una gran cubierta sobre las puertas de salida o pasarelas de peatones que parece apoyado de manera adecuada.                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | Hay un accesorio de mampostería no reforzada sobre las puertas de salida o zonas peatonales.                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | Hay un letrero en el edificio que indica los materiales peligrosos están presentes.                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | Hay un edificio URM adyacente más alto con una pared no anclada o parapeto URM no arriostrado o chimenea                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | Otros riesgo de caída exterior no estructural observado:                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |                    |  |
| Interior                                                                                                                                                                                                                           | Hay teja de barro o ladrillo hueco particiones en cualquier escalera o salida pasillo.                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |                    |  |
|                                                                                                                                                                                                                                    | Otros peligros no estructurales interiores que caen observados.                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |                    |  |
| Rendimiento sísmico estimado para no estructural (Marque la casilla apropiada y traslade al Nivel 1 del formulario conclusiones)                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |                    |  |
| <input type="checkbox"/> Peligros no estructurales potenciales con amenaza significativa para la seguridad de la vida del inquilino - Detallado no estructural evaluación recomendada                                              |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |                    |  |
| <input type="checkbox"/> Peligros no estructurales identificados con amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes - Detallado no estructural evaluación necesaria.                                          |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |                    |  |
| <input type="checkbox"/> Baja o ninguna amenaza de peligro estructural de seguridad de la vida del ocupante - Detallado no estructural No se requiere evaluación                                                                   |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |                    |  |
| Comentarios:                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |                    |  |

**Nota:** El formulario ilustra el nivel 2 de comprobación del índice de vulnerabilidad (más detallado, usado si  $S < 2$ ) para una zona de sismicidad alta. Adaptado de "Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook", por FEMA 154, 2015 (Alvarez Sanchez & Pulgar Santacruz, 2019)

## Nivel 1: Sismicidad moderadamente alta

**Tabla 19:** Formulario encuesta nivel 1 (zona de sismicidad moderadamente alta)

| CARTILLA DE SISMICIDAD MODERADAMENTE ALTA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                 |                                                                      |                                                                                                |                                                                                |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------|--|--|--|----------------|--|--|--|-----------|----------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------------|-----------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------------------------|--|--|--|--------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------------------------------|--|--|--|----------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| FOTOGRAFÍA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Dirección:                                                                                      |                                                                      |                                                                                                |                                                                                |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Uso:                                                                                            |                                                                      |                                                                                                |                                                                                |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Latitud:                                                                                        | Longitud:                                                            |                                                                                                |                                                                                |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Verificadores:                                                                                  | Fecha:                                                               |                                                                                                |                                                                                |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Número de pisos:                                                                                | Año de construcción:                                                 |                                                                                                |                                                                                |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Área:                                                                                           | Año código:                                                          |                                                                                                |                                                                                |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Ocupación:                                                                                      | Asamblea                                                             | Comercial                                                                                      | Servicio de emergencias                                                        | Refugio                    |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Utilidad:                                                                                       | Industrial                                                           | Oficina                                                                                        | Colegio: Estatal                                                               | Gobierno                   |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Tipo de suelo:                                                                                  | <input type="checkbox"/> A                                           | <input type="checkbox"/> B                                                                     | <input type="checkbox"/> C                                                     | <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> E | <input type="checkbox"/> F | <input type="checkbox"/> No se sabe |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                 | Roca dura                                                            | Roca                                                                                           | Suelo denso                                                                    | Suelo rígido               | Suelo suave                | Suelo pobre                | Si no se sabe, asumir suelo D       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| DIBUJO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Peligros geológicos: Licuefacción: Si/No/No se sabe - Deslizamiento de tierra: Si/No/No se sabe |                                                                      |                                                                                                |                                                                                |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Adyacencia:                                                                                     | <input type="checkbox"/> Golpeteo                                    | <input type="checkbox"/> Peligro de caídas (materiales) de construcciones adyacentes más altas |                                                                                |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Irregularidades:                                                                                | Vertical (tipo/severidad)                                            |                                                                                                |                                                                                |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                 | Planta (tipo)                                                        |                                                                                                |                                                                                |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Peligro de caídas exteriores:                                                                   | Chimaneas sin refuerzo <input type="checkbox"/> Revestimiento pesado |                                                                                                |                                                                                |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                 | Parapetos                                                            |                                                                                                |                                                                                |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                 | Otro:                                                                |                                                                                                |                                                                                |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | COMENTARIOS:                                                                                    |                                                                      |                                                                                                |                                                                                |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                 |                                                                      |                                                                                                |                                                                                |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                 |                                                                      |                                                                                                |                                                                                |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Puntajes iniciales, modificadores y puntaje final nivel 1, SIF                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                 |                                                                      |                                                                                                |                                                                                |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tipo de edificación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | W1                                                                                              | W1A                                                                  | W2                                                                                             | S1                                                                             | S2                         | S3                         | S4                         | S5                                  | C1   | C2   | C3   | PC1  | PC2  | RM1  | RM2  | URM  | MH   |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Puntaje de inicio                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 4.1                                                                                             | 3.7                                                                  | 3.2                                                                                            | 2.3                                                                            | 2.2                        | 2.9                        | 2.2                        | 2.0                                 | 1.7  | 2.1  | 1.4  | 1.8  | 1.5  | 1.8  | 1.8  | 1.2  | 2.2  |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Irregularidad vertical severa, Vlf                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | -1.3                                                                                            | -1.3                                                                 | -1.3                                                                                           | -1.1                                                                           | -1.0                       | -1.2                       | -1.0                       | -0.9                                | -1.0 | -1.1 | -0.8 | -1.0 | -0.9 | -1.0 | -1.0 | -0.8 | NA   |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Irregularidad vertical moderada, Vlf                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | -0.8                                                                                            | -0.8                                                                 | -0.8                                                                                           | -0.7                                                                           | -0.6                       | -0.8                       | -0.6                       | -0.6                                | -0.6 | -0.6 | -0.5 | -0.6 | -0.6 | -0.6 | -0.6 | -0.5 | NA   |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Plan irregularity, Plf                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | -1.3                                                                                            | -1.2                                                                 | -1.1                                                                                           | -0.9                                                                           | -0.8                       | -1.0                       | -0.8                       | -0.7                                | -0.7 | -0.9 | -0.6 | -0.8 | -0.7 | -0.7 | -0.7 | -0.5 | NA   |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Pre-código                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | -0.8                                                                                            | -0.9                                                                 | -0.9                                                                                           | -0.5                                                                           | -0.5                       | -0.7                       | -0.6                       | -0.2                                | -0.4 | -0.7 | -0.1 | -0.4 | -0.3 | -0.5 | -0.5 | -0.1 | -0.3 |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Post-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  |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tipo de suelo A o B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0.3                                                                                             | 0.6                                                                  | 0.9                                                                                            | 0.6                                                                            | 0.9                        | 0.3                        | 0.9                        | 0.9                                 | 0.6  | 0.8  | 0.7  | 0.9  | 0.7  | 0.8  | 0.8  | 0.6  | 0.9  |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tipo de suelo E (1-3 pisos)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0.0                                                                                             | -0.1                                                                 | -0.3                                                                                           | -0.4                                                                           | -0.5                       | 0.0                        | -0.4                       | -0.5                                | -0.2 | -0.2 | -0.4 | -0.5 | -0.3 | -0.4 | -0.4 | -0.3 | -0.4 |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tipo de suelo E (>3 pisos)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | -0.5                                                                                            | -0.8                                                                 | -1.2                                                                                           | -0.7                                                                           | -0.7                       | NA                         | -0.7                       | -0.6                                | -0.6 | -0.8 | -0.4 | NA   | -0.5 | -0.6 | -0.7 | -0.3 | NA   |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Puntaje mínimo, Smn                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1.6                                                                                             | 1.2                                                                  | 0.8                                                                                            | 0.5                                                                            | 0.5                        | 0.9                        | 0.5                        | 0.5                                 | 0.3  | 0.3  | 0.3  | 0.3  | 0.2  | 0.3  | 0.3  | 0.2  | 1.4  |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Puntaje final nivel 1, SIF=Smn                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                 |                                                                      |                                                                                                |                                                                                |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="0"> <tr> <td colspan="4">Grado de verificación</td> <td colspan="4">Otros peligros</td> </tr> <tr> <td>exterior:</td> <td><input type="checkbox"/> Parcial</td> <td><input type="checkbox"/> Todos los lados</td> <td><input type="checkbox"/> Aéreo</td> <td colspan="14">¿Hay otros peligros que requieren de una evaluación estructural detallada?</td> </tr> <tr> <td>Interior:</td> <td><input type="checkbox"/> no</td> <td><input type="checkbox"/> Visible</td> <td><input type="checkbox"/> Entero</td> <td colspan="14"><input type="checkbox"/> Golpeteo (menos si el valor de SIF&gt;2)</td> </tr> <tr> <td>Dibujo hecho:</td> <td><input type="checkbox"/> si</td> <td><input type="checkbox"/> no</td> <td></td> <td colspan="14"><input type="checkbox"/> Peligro de caídas de construcciones vecinas más altas</td> </tr> <tr> <td>Fuente de tipo de suelo:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="14"><input type="checkbox"/> Peligro geológico o tipo de suelo F</td> </tr> <tr> <td>Fuente de peligro geológico:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="14"><input type="checkbox"/> Daño significativo del sistema estructural actual</td> </tr> <tr> <td>Persona de contacto:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="14"></td> </tr> </table> |                                                                                                 |                                                                      |                                                                                                |                                                                                |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Grado de verificación |  |  |  | Otros peligros |  |  |  | exterior: | <input type="checkbox"/> Parcial | <input type="checkbox"/> Todos los lados | <input type="checkbox"/> Aéreo | ¿Hay otros peligros que requieren de una evaluación estructural detallada? |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Interior: | <input type="checkbox"/> no | <input type="checkbox"/> Visible | <input type="checkbox"/> Entero | <input type="checkbox"/> Golpeteo (menos si el valor de SIF>2) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Dibujo hecho: | <input type="checkbox"/> si | <input type="checkbox"/> no |  | <input type="checkbox"/> Peligro de caídas de construcciones vecinas más altas |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Fuente de tipo de suelo: |  |  |  | <input type="checkbox"/> Peligro geológico o tipo de suelo F |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Fuente de peligro geológico: |  |  |  | <input type="checkbox"/> Daño significativo del sistema estructural actual |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Persona de contacto: |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Grado de verificación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                 |                                                                      |                                                                                                | Otros peligros                                                                 |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| exterior:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <input type="checkbox"/> Parcial                                                                | <input type="checkbox"/> Todos los lados                             | <input type="checkbox"/> Aéreo                                                                 | ¿Hay otros peligros que requieren de una evaluación estructural detallada?     |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Interior:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <input type="checkbox"/> no                                                                     | <input type="checkbox"/> Visible                                     | <input type="checkbox"/> Entero                                                                | <input type="checkbox"/> Golpeteo (menos si el valor de SIF>2)                 |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Dibujo hecho:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <input type="checkbox"/> si                                                                     | <input type="checkbox"/> no                                          |                                                                                                | <input type="checkbox"/> Peligro de caídas de construcciones vecinas más altas |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Fuente de tipo de suelo:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                 |                                                                      |                                                                                                | <input type="checkbox"/> Peligro geológico o tipo de suelo F                   |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Fuente de peligro geológico:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                 |                                                                      |                                                                                                | <input type="checkbox"/> Daño significativo del sistema estructural actual     |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Persona de contacto:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                 |                                                                      |                                                                                                |                                                                                |                            |                            |                            |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                       |  |  |  |                |  |  |  |           |                                  |                                          |                                |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |                             |                                  |                                 |                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |               |                             |                             |  |                                                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                          |  |  |  |                                                              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                              |  |  |  |                                                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Nota: Se ilustra en la figura el primer nivel de comprobación del índice de vulnerabilidad para una zona de sismicidad moderadamente alta. Adaptado de “Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook”, por FEMA 154, 2015 (Alvarez Sanchez & Pulgar Santacruz, 2019).

## Nivel 1: Sismicidad moderadamente alta

**Tabla 20: Formulario encuesta nivel 2 (zona con sismicidad moderadamente alta)**

| CARTILLA DE SISMICIDAD MODERADAMENTE ALTA                                                 |                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                      |          |      |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------|--|
| Puntaje final nivel 1:                                                                    |                                                                                                                                | S1= (No considerar Smin)                                                                                                                                                             |          |      |  |
| Nivel 1 modificadores de irregularidad:                                                   |                                                                                                                                | Irregularidad vertical, VI1= Irregularidad en planta, PI1=                                                                                                                           |          |      |  |
| Puntaje base ajustado:                                                                    |                                                                                                                                | S'=(S1-VI1-PI1)=                                                                                                                                                                     |          |      |  |
| Nota: Si las afirmaciones son correctas, encerrar en un círculo los modificadores de "Sí" |                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                      |          |      |  |
|                                                                                           |                                                                                                                                | Sí                                                                                                                                                                                   | Subtotal |      |  |
| Irregularidad vertical, VI2                                                               | Lugar inclinado                                                                                                                | Solo W1: Hay por lo menos un cambio de un piso completo, de un lado del edificio al otro.                                                                                            | -1.3     |      |  |
|                                                                                           |                                                                                                                                | Hay por lo menos un cambio de un piso completo, de un lado del edificio al otro.                                                                                                     | -0.3     |      |  |
|                                                                                           | Piso débil (marcar el máximo)                                                                                                  | Solo W1 (casa sobre un garage): Hay un garage abierto sin marcos resistentes a momentos, hay menos de 2.5m de muros en la misma línea.                                               | -1.3     |      |  |
|                                                                                           |                                                                                                                                | Solo WA1 (Abierto en el frente): Hay aberturas para estacionamiento de más de 50% de la longitud de la construcción.                                                                 | -1.3     |      |  |
|                                                                                           |                                                                                                                                | La longitud de los sistemas laterales de cualquier piso es menor al 50% de un piso superior o la altura de cualquier piso es mayor a 2 veces la altura del piso superior.            | -1       |      |  |
|                                                                                           |                                                                                                                                | La longitud de los sistemas laterales de cualquier piso está entre 50% y 75% de un piso superior o la altura de cualquier piso está entre 1.3 y 2 veces la altura del piso superior. | -0.5     |      |  |
|                                                                                           | Setback                                                                                                                        | Los elementos verticales de los sistemas laterales en un piso superior están fuera de los pisos inferiores, causando voladizos.                                                      | -1.0     |      |  |
|                                                                                           |                                                                                                                                | Los elementos verticales de los sistemas laterales en un piso superior están dentro de los pisos inferiores.                                                                         | -0.5     |      |  |
|                                                                                           |                                                                                                                                | Hay una compensación in-plane de los elementos laterales que son más grandes que la longitud de los elementos.                                                                       | -0.3     |      |  |
|                                                                                           | Columna corta                                                                                                                  | C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Al menos 20% de las columnas a lo largo de la línea de columnas tienen alturas menores que el 50% de la altura nominal del mismo piso.               | -0.5     |      |  |
|                                                                                           |                                                                                                                                | C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Hay muros que acortan las columnas.                                                                                                                  | -0.5     |      |  |
|                                                                                           | Niveles divididos                                                                                                              | El diafragma de la construcción no está alineado con los demás                                                                                                                       | -0.5     |      |  |
|                                                                                           | Otras irregularidades                                                                                                          | Hay otra irregularidad severa observable.                                                                                                                                            | -1.0     |      |  |
|                                                                                           |                                                                                                                                | Hay otra irregularidad moderada observable.                                                                                                                                          | -0.5     |      |  |
|                                                                                           |                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                      | VI2=     |      |  |
| Irregularidad en planta, PI2                                                              | Irregularidad torsional: Los sistemas laterales no parecen relativamente bien distribuidos en cualquiera de las 2 direcciones. |                                                                                                                                                                                      | -0.8     | PI2= |  |
|                                                                                           | Sistemas no paralelos: Hay lados de la construcción que no son ortogonales.                                                    |                                                                                                                                                                                      | -0.4     |      |  |
|                                                                                           | Esquina entrante: Hay esquinas entrantes que son mayores al 25% de la longitud en cualquiera de las 2 direcciones.             |                                                                                                                                                                                      | -0.4     |      |  |
|                                                                                           | Diafragmas abiertos: Hay una apertura en el diafragma que son mayores al 50% del paño total.                                   |                                                                                                                                                                                      | -0.3     |      |  |
|                                                                                           | C1, C2 (out-of-plane offset): Las vigas exteriores no están alineadas con las columnas.                                        |                                                                                                                                                                                      | -0.4     |      |  |
|                                                                                           | Otras irregularidades: Hay otra irregularidad en planta observable.                                                            |                                                                                                                                                                                      | -0.8     |      |  |
| Redundancia                                                                               | La construcción tiene al menos 3 columnas en cada dirección.                                                                   |                                                                                                                                                                                      | 0.3      | M=   |  |
| Golpeteo                                                                                  | La construcción está separada de una construcción adyacente en por lo menos 0.5% de la altura de la construcción menos alta.   | Los pisos no están alineados verticalmente dentro de los 60cm.                                                                                                                       | -1.0     |      |  |
|                                                                                           |                                                                                                                                | Una construcción es más alta 2 o más pisos que el otro.                                                                                                                              | -1.0     |      |  |
|                                                                                           |                                                                                                                                | La construcción esté al final de los bloques.                                                                                                                                        | -0.5     |      |  |
| Construcción S2                                                                           | Arriostres visibles.                                                                                                           |                                                                                                                                                                                      | -1.0     |      |  |
| Construcción C1                                                                           | Placas planas sirven como vigas.                                                                                               |                                                                                                                                                                                      | -0.5     |      |  |
| URM                                                                                       | Muros en forma de cono están presentes.                                                                                        |                                                                                                                                                                                      | -0.4     |      |  |
| MH                                                                                        | Hay un sistema de unión estable entre la construcción y el suelo.                                                              |                                                                                                                                                                                      | 1.2      |      |  |
| Retroalimentación                                                                         | Refuerzo sísmico visible.                                                                                                      |                                                                                                                                                                                      | 1.4      |      |  |
| Puntaje final nivel 2, S12=S'+VI2+PI2+M>=Smin:                                            |                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                      |          |      |  |

Nota: Ilustra la tabla el segundo nivel de comprobación del índice de vulnerabilidad (detalle más amplio, usado si  $S < 2$ ) para una zona de sismicidad moderadamente alta. Adaptado de "Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook", por FEMA 154, 2015 (Alvarez Sanchez & Pulgar Santacruz, 2019)



## Adyacencia

Define la (FEMA P-154, 2015) al poco espacio entre edificaciones que puede provocar varios daños estructurales durante un sismo, debido al movimiento que se provoca en cada edificación y esta puede golpear contra la adyacente o puede presentarse el caso de caída de elementos u objetos.

En nuestro país se determina la separación por adyacencia o índice de separación entre edificaciones por medio de una ordenanza que emiten y establecen los GADs de cada cantón, para el caso del Cantón Quevedo esta separación se estipula de 10 cm.

La metodología FEMA clasifica de manera estándar el índice de separación en pulgadas, como se aprecia en la tabla 21.

**Tabla 21:** Separación mínima de edificaciones

| Región sísmica            | Separación mínima (plg) |
|---------------------------|-------------------------|
| Muy alta                  | 2" por piso             |
| Alta                      | 1 1/2" por piso         |
| Medianamente alta         | 1 " por piso            |
| Moderadamente baja y baja | 1/2" por piso           |

**Fuente:** (FEMA P-154, 2015)

Las Normas Ecuatorianas de Construcción (NEC – 2015) en su capítulo de Peligro Sísmico – Diseño Sismorresistente en su apartado número 5, en donde estipula las consideraciones para el prediseño y diseño conceptual, establece las siguientes fórmulas para determinar la separación entre estructuras adyacentes:

$$\Delta_E \geq 0.25\Delta_{Mup} + 0.005H_{ev} - \Delta_{vn}$$

Dónde:

$\Delta_E$  Separación

$\Delta_{Mup}$  Desplazamiento del último piso

$H_{ev}$  Altura de la estructura vecina

$\Delta_{vn}$  Separación previamente existente entre la estructura vecina y la nueva

**Ilustración 20:** Formula cuando existe una estructura colindante

**Nota:** Cuando ya exista una estructura colindante en la cual hay una separación previa con respecto al lindero del terreno, si las cotas de los diferentes entrepisos coinciden con las cotas de los entrepisos de la estructura a diseñarse.

$$\Delta_E \geq 0.5\Delta_{Mup} + 0.01H_{ev} - \Delta_{vn}$$

Dónde:

$H_{ev}$  Altura de la estructura vecina

$\Delta_{vn}$  Separación previamente existente entre la estructura vecina y la nueva

**Ilustración 21:** Formula cuando existe una estructura colindante con separación

**Nota:** Cuando ya exista una estructura colindante en la cual hay una separación previa con respecto al lindero del terreno, si las cotas de los entresijos de la estructura vecina no coinciden con las cotas de los entresijos de la estructura a diseñarse.

$$\Delta_E \geq 0.25\Delta_{Mup} + 0.005H_{ev}$$

Dónde:

$\Delta_E$  Fuerzas laterales de diseño reducidas

$\Delta_{Mup}$  Desplazamiento del último piso

$H_{ev}$  Altura de la estructura vecina

**Ilustración 22:** Formula cuando existe una estructura colindante sin separación

Cuando ya exista una estructura colindante en la cual no existe una separación con respecto al lindero del terreno y si las cotas de los entresijos de la estructura vecina coinciden con las cotas de la estructura por diseñarse.

$$\Delta_E \geq 2 \times (0.25\Delta_{Mup} + 0.005H_{ev})$$

Dónde:

$\Delta_E$  Fuerzas laterales de diseño reducidas

$\Delta_{Mup}$  Desplazamiento del último piso

$H_{ev}$  Altura de la estructura vecina

**Ilustración 23:** Formula cuando existe una estructura colindante con cotas que no coinciden

**Nota:** Cuando ya exista una estructura colindante en la cual no existe una separación con respecto al lindero del terreno y si las cotas de los entresijos de la estructura vecina no coinciden con las cotas de los entresijos de la estructura por diseñarse.

$$\Delta_E = 0.5\Delta_{Mup}$$

Dónde:

$\Delta_E$  Fuerzas laterales de diseño reducidas

$\Delta_{Mup}$  Desplazamiento del último piso

**Ilustración 24:** Formula para estructuras adosadas

**Nota:** Estructuras adosadas, cuando no se haya construido aún en el terreno colindante y la reglamentación urbana permita construir estructuras adosadas, en aquellos pisos en los cuales se requiera adosamiento.

Según las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo de México establece toda edificación deberá separarse de sus linderos con los predios vecinos una distancia no menor de 50 mm, ni menor que el desplazamiento horizontal calculado para el nivel de que se trate, aumentado en 0.001, 0.003 ó 0.006 veces la altura de dicho nivel sobre el terreno, en las zonas I, II ó III, respectivamente. En este caso deben incluirse los desplazamientos debidos a la flexión de conjunto de la estructura y al giro de su base, en caso de que sean significativos.

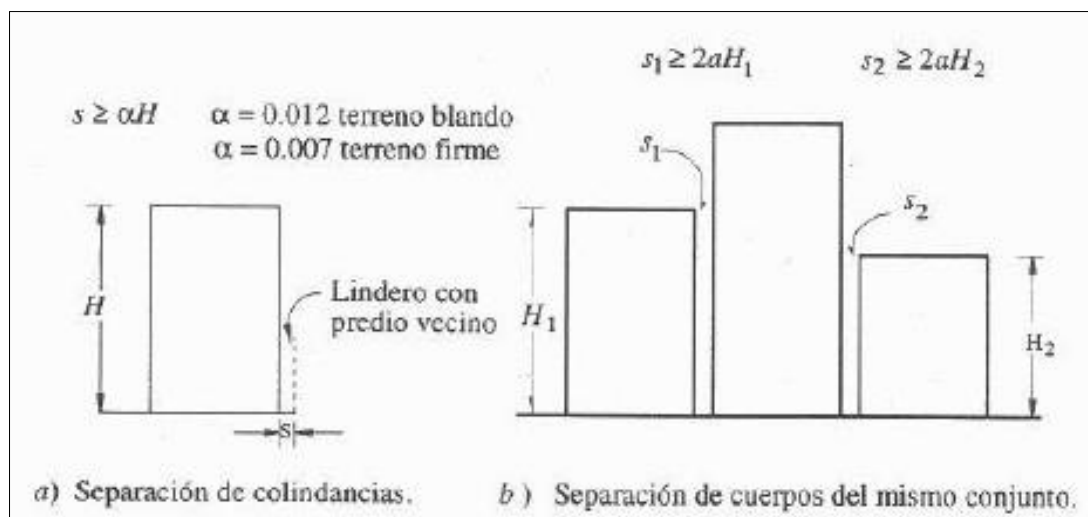
En caso de que en un predio adyacente se encuentre una construcción que esté separada del lindero una distancia menor que la antes especificada, deberá dejarse en la nueva construcción una distancia tal que la separación entre las dos construcciones no sea menor de la suma de las requeridas para cada una, según esta sección. Sólo será admisible dejar la separación requerida para la construcción nueva, cuando se tomen precauciones que, a satisfacción de la Administración, garanticen evitar daños por el posible contacto entre las dos construcciones durante un sismo.

Si se emplea el método simplificado de análisis sísmico, la separación mencionada no será, en ningún nivel, menor de 50 mm, ni menor que la altura del nivel sobre el terreno multiplicada por 0.007, 0.009 ó 0.012, según que la edificación se halle en las zonas I, II ó III, respectivamente.

La separación entre cuerpos de un mismo edificio o entre edificios adyacentes será cuando menos igual a la suma de las que corresponden a cada uno, de acuerdo con los párrafos precedentes. Podrá dejarse una separación igual a la mitad de dicha suma si los dos cuerpos tienen la misma altura y estructuración y, además, las losas coinciden a la misma altura, en todos los niveles. En los planos arquitectónicos y en los estructurales se anotarán las separaciones que deben dejarse en los linderos y entre cuerpos de un mismo edificio.



Los espacios entre edificaciones colindantes y entre cuerpos de un mismo edificio deben quedar libres de todo material. Si se usan tapajuntas, éstas deben permitir los desplazamientos relativos, tanto en su plano como perpendicularmente a él.



**Ilustración 25:** Separación de edificios colindantes

**Fuente:**(SOS, 2020)

La Norma Sismo Resistente Colombiana, NSR-10, establece en el título A.6 que con el fin de evitar colisión nociva entre las edificaciones debe existir una separación que corresponde a la suma de los valores absolutos de los desplazamientos horizontales totales para cada edificación en la dirección perpendicular a la junta que las separa, a menos que se tomen medidas para que no se presente daño a la estructura al utilizar una distancia menor.

La reglamentación es aplicable en los siguientes casos:

1. En municipios localizados en zonas de amenaza sísmica baja según lo establece el reglamento, no se requieren consideraciones de separación entre edificaciones vecinas.
2. Solo aplica para la obtención de licencias de construcción de edificaciones nuevas que se soliciten por primera vez.
3. No se aplica para el caso de edificaciones que sean objeto de trámite de reconocimiento.

4. Para el caso de rehabilitaciones sísmicas existentes, aplican los requisitos especiales que se indican en el numeral A.10.7 de la NSR-10.
5. Los requisitos del reglamento pueden ser variados por la administración municipal o distrital, siempre y cuando los requisitos de la separación sísmica que resulten de la aplicación de la reglamentación municipal o distrital no sean menores que los establecidos en el reglamento.

En el sismo de Popayán en 1983 muchos de los edificios sufrieron daños por diferentes causas incluida esta, por lo cual en Colombia empezó a exigirse la dilatación sísmica desde el año 1984, desde entonces las normas sísmicas exigen seguir con la separación entre estructuras. El título “A” de la NSR-10 describe aspectos y parámetros que se deben considerar en los casos especificados anteriormente para cada una de las estructuras:

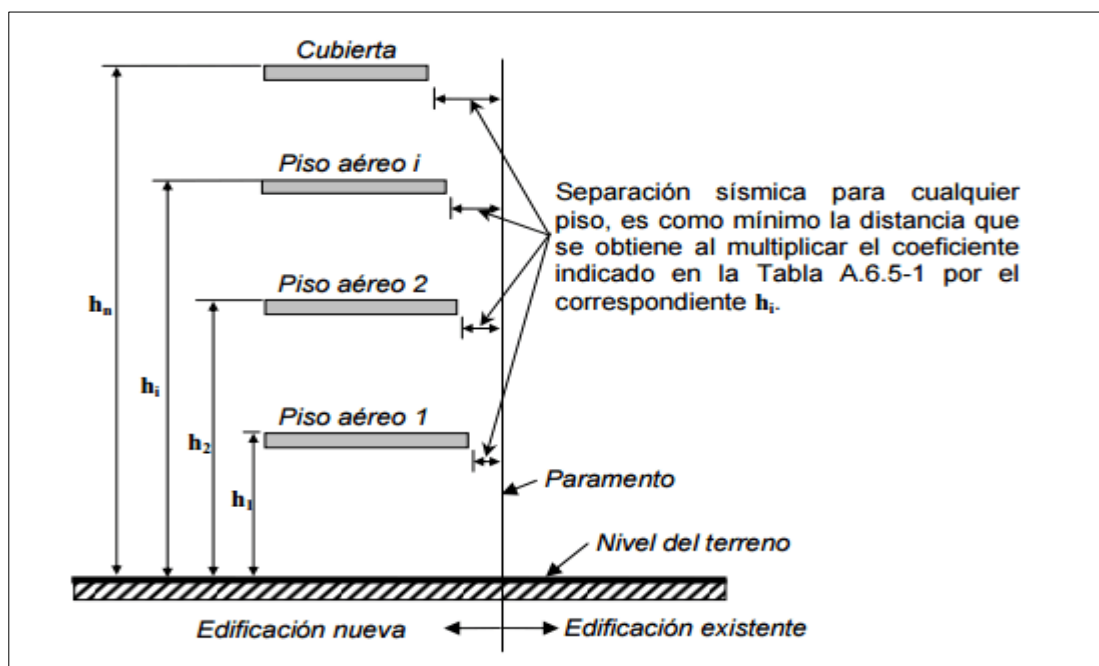
| TIPO DE CEMENTO PARA MAMPOSTERÍA | N   | S    | M    |
|----------------------------------|-----|------|------|
| Resistencia a la compresión, Mpa |     |      |      |
| 7 días                           | 3,5 | 9,0  | 12,5 |
| 28 días                          | 6,2 | 14,5 | 20,0 |
| Contenido de aire del mortero    |     |      |      |
| % mínimo                         | 8   | 8    | 8    |
| % máximo                         | 21  | 19   | 19   |
| Retención de agua, % mínimo      | 70  | 70   | 70   |

**Ilustración 26:** Coeficientes en función del tipo de cemento para mampostería.

Para obtener la separación sísmica en pisos diferentes a la cubierta, se aplicará el coeficiente indicado en la tabla multiplicando por la altura sobre el terreno del piso en particular.

Cuando el terreno en la colindancia sea inclinado, en el sentido del parámetro, o haya diferentes alturas de piso o diferentes números de pisos aéreos en la colindancia, se tomará en la edificación nueva la altura de piso, o el número de pisos aéreos que conduzca a la mayor separación sísmica. Si no se considera una dilatación o separación sísmica entre edificaciones, generalmente se da el fenómeno denominado golpeteo, por no permitir que

cada una de las estructuras de concreto se deforme libremente y produciendo daños en ambas estructuras.

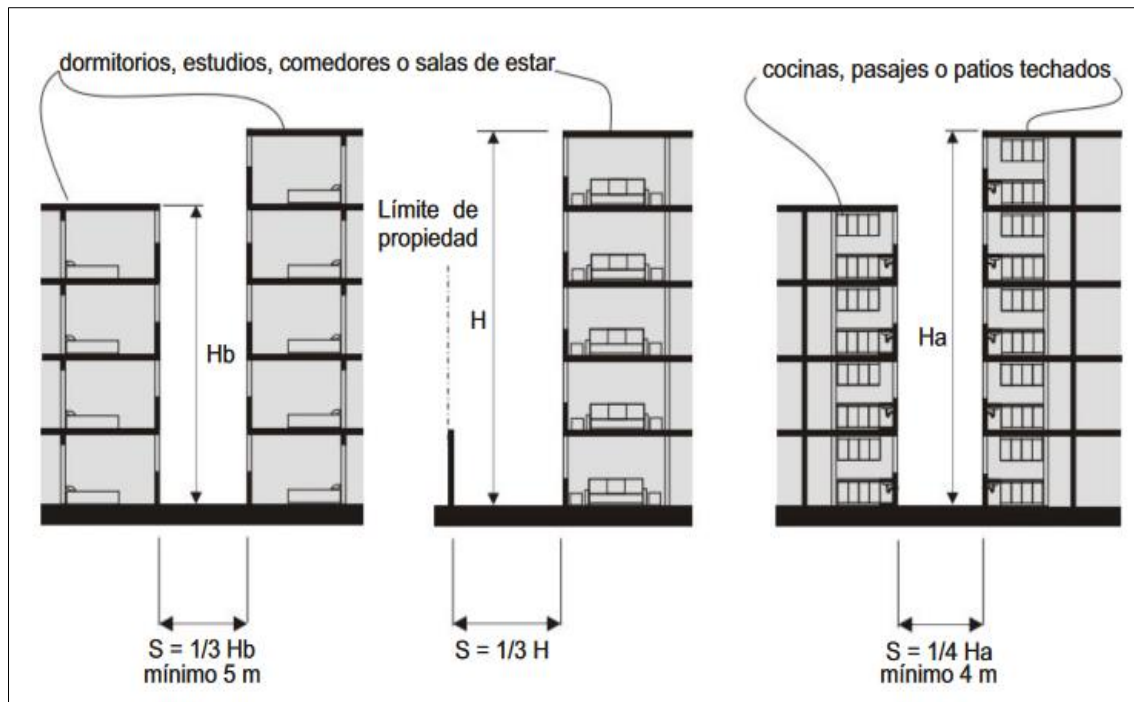


**Ilustración 27:** Separación sísmica para cualquier piso según la Norma Sismorresistente Colombiana.

El Reglamento Nacional de Construcción de Perú (RNC) menciona en su Capítulo III la separación entre edificaciones, la misma que en su artículo 16 estipula que toda edificación debe guardar una distancia con respecto a las edificaciones vecinas, por razones de seguridad sísmica, contra incendios o por condiciones de iluminación y ventilación naturales de los ambientes que la compongan.

En su artículo 17 estipula que la separación entre edificaciones por seguridad sísmica se establece en el cálculo estructural correspondiente, de acuerdo con las normas sismorresistentes.

Sin embargo, en su artículo 18 establece que, en los conjuntos residenciales conformados por varios edificios multifamiliares, la separación entre ellos, por razones de privacidad e iluminación natural, se determinará en función al uso de los ambientes que se encuentran frente a frente a frente según lo siguiente:



**Ilustración 28:** Separación entre edificaciones según el Reglamento Nacional de Construcción de

**Fuente:** (RNC,2020).

### Golpeteo o Pounding

Factores por los que las estructuras llegan a sufrir fuertes daños ante un evento sísmico es la anomalía conocida como golpeteo o pounding en inglés. El golpeteo ocurre cuando dos estructuras que se encuentran muy cercanas se impactan una con otra en el evento de un sismo, su efecto puede llegar a ser catastrófico.

Significa problema entre edificios, cuando el golpeteo ocurre por:

- Estructuras construidas cercanas unas a otras o,
- La separación de los edificios se hace a través de una junta sísmica.

### Juntas sísmicas

El espacio creado a propósito para separar los edificios se conoce como Junta sísmica (seismic joint, en inglés). Desde que se empezaron a utilizar se construían para la separación de dos o más edificaciones con irregularidades en planta. Por citar un ejemplo, un edificio en forma de L se puede separar en dos unidades, cada una con forma rectangular. Se conoce que el comportamiento de estos edificios durante un sismo no es bueno, ya que además del movimiento de traslación, poseen torsión alrededor del eje vertical.



**Ilustración 29:** Junta sísmica

**Fuente:** (Suárez, 2020)

## CAPÍTULO III

### **Análisis de Vulnerabilidad Sísmica Aplicando el Método Mecánico no Lineal Estático (Pushover) Utilizando el Software ETABS**

Para aplicar este procedimiento se debe tener conocimiento relevante de varios aspectos de la estructura, como lo son las características constructivas de los materiales que la componen, dimensiones de los elementos estructurales, distribución del acero de refuerzo en los elementos estructurales tales como vigas y columnas, acciones gravitacionales, patrones de cargas a ser considerados y la posible ubicación de puntos de formación de articulaciones o rótulas plásticas.

#### **3.1 Sistema Porticado**

Los sistemas porticados, son estructuras de concreto armado con la misma dosificación columnas -vigas peraltadas o chatas, unidas o conectadas en zonas de confinamiento donde forman ángulos de  $90^\circ$  en sus puntos y lados de conexión, es el sistema de los edificios porticados. Son estos sistemas los que soportan las cargas muertas, las ondas sísmicas por estar unidas como su nombre lo indica. El porticado tradicional consiste en el uso de columnas, losas y muros divisorios en ladrillo.

#### **3.2 Viga, Columna y Losa**

Las **vigas** son elementos estructurales que trabajan a flexión, cuya resistencia provoca esfuerzos de tracción y compresión. Cuando las vigas se ubican en el perímetro exterior de un forjado, es posible que también se adviertan tensiones por torsión.

Las **columnas** son aquellos elementos estructurales verticales que soportan fuerzas de compresión y flexión, son las encargadas de transmitir todas las cargas de la estructura a la cimentación; es decir, son uno de los elementos estructurales más importantes para el soporte de la estructura, por lo que su construcción requiere especial cuidado.

Una **losa tipo deck**, más conocida en el país y en el medio comercial como “**Novalosa**” (también conocida como placa colaborante), es aquella en que se utilizan chapas o láminas

de acero como encofrado colaborante capaces de soportar el hormigón vertido, la armadura metálica y las cargas de ejecución. Posteriormente las láminas de acero se combinan estructuralmente con el hormigón endurecido y actúan como una armadura a tracción en el forjado acabado, comportándose como un elemento estructural mixto hormigón-acero.

### **3.3 Código ACI 318-19**

El código ACI 318 -19 presenta los requisitos para el diseño y la construcción de hormigón estructural que son necesarios para garantizar la salud y la seguridad públicas.

### **3.4 Código AISC 360-16**

El código AISC 360 - 16 se basa en proporcionar fundamentos teóricos y prácticos necesarios para el diseño estructural y sismorresistente de edificaciones de acero estructural mediante la aplicación de la normativa internacional vigente (Norma ANSI/AISC 360).

### **3.5 Norma NEC-15**

La Norma Ecuatoriana de la Construcción recoge una serie de normativas, de obligatorio cumplimiento a nivel nacional, por las cuales se establecen los requisitos mínimos de seguridad y calidad que deben cumplir las edificaciones a nivel nacional, en todas las etapas del proceso constructivo.

### **3.6 Espectro de Respuesta Sísmica**

Un espectro de respuesta sísmica es un valor utilizado en los cálculos de ingeniería sísmica, que mide la reacción de una estructura ante la vibración del suelo que la soporta. El más habitual en cálculos de diseños sísmicos es el espectro elástico de respuesta, que relaciona la aceleración.

### **3.7 Análisis no Lineal Estático Pushover**

Es el método más aceptado pero tiene sus limitaciones, toma en cuenta el aporte del primer modo de vibración, se debe realizar el Pushover en los dos sentidos con los 2 primeros modos de vibración, estos deben ser traslacionales y deben cumplirse lo de las masas de participación, el análisis funciona para edificios irregulares si es que en el primer modo participa más del 70% de masa, caso contrario se deberá realizar otro tipo de análisis

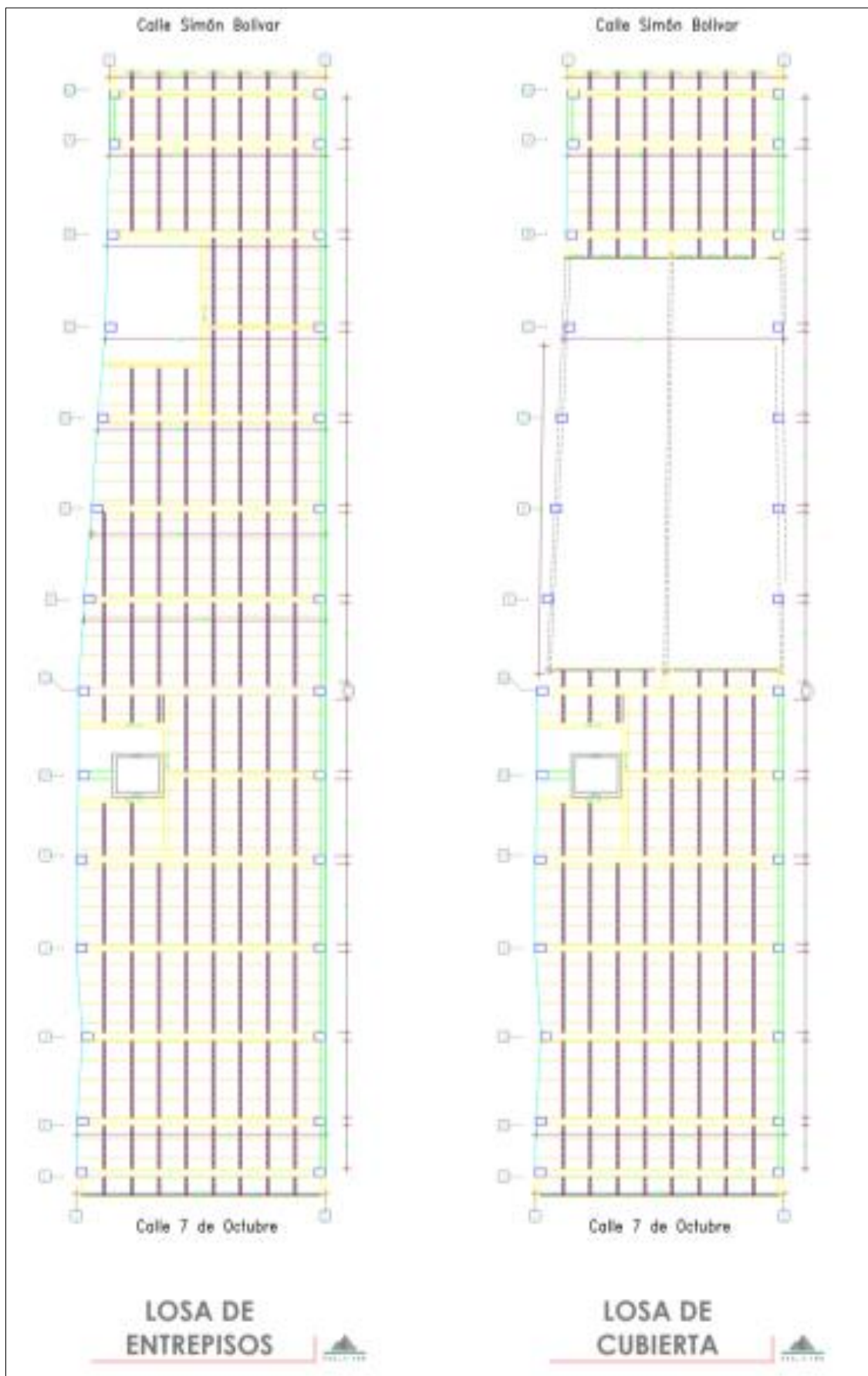
dinámico no lineal el cual involucra el uso y aplicación de un acelerograma, finalmente la curva de capacidad de la estructura es solo para el análisis estático no lineal mas no para el análisis dinámico no lineal.

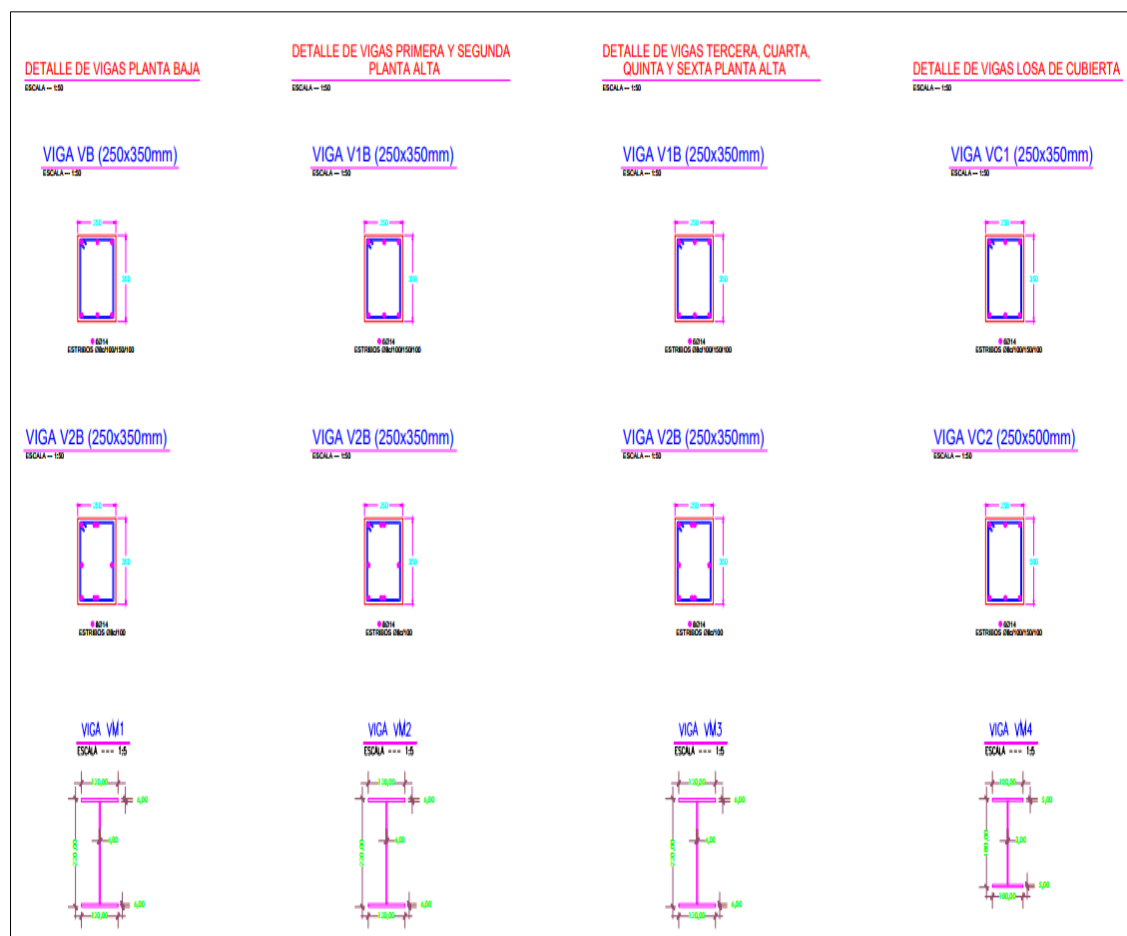
El Análisis no Lineal Estático “PushOver” tiene como finalidad:

- Evaluar la capacidad de la estructura ante cargas laterales, estas son aplicadas monotónicamente hasta llevar a la estructura a un estado de colapso.
- Determinar los niveles de daño que se pueden presentar en la estructura.
- Determinar los puntos donde posiblemente se generarán las rótulas plásticas en la edificación bajo efectos de cargas sísmica y gravitacional.
- Obtener la curva de capacidad resistente de la estructura, la cual relaciona el cortante basal con el desplazamiento lateral de techo.
- Evaluar el factor R.



### 3.8 Parámetros Utilizados en el Análisis Estructural





- $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- $f_u = 6300 \text{ kg/cm}^2$
- Momento agrietado en columnas del 80%
- Momento agrietado en vigas al 50%
- Modulo Elástico  $E = 15100 \sqrt{f'c}$

### 3.9 Parámetros del Espectro de Respuesta Sísmica

- Ubicación: Los Ríos – Quevedo
- Tipo de Suelo: E
- Factor de importancia ( $I$ ) = 1
- Factor de penalización por planta ( $\phi_{ip}$ ) = 1
- Factor de penalización por elevación ( $\phi_{ie}$ ) = 1
- Factor de reducción sísmica por la NEC = 8
- $\eta = 1,80$
- $Z = 0,4$
- $F_a = 1$
- $F_d = 1,60$
- $F_s = 1,90$
- $r = 1,5$

### 3.10 Metodología Pushover

#### 3.10.1 Condiciones para Realizar Pushover.

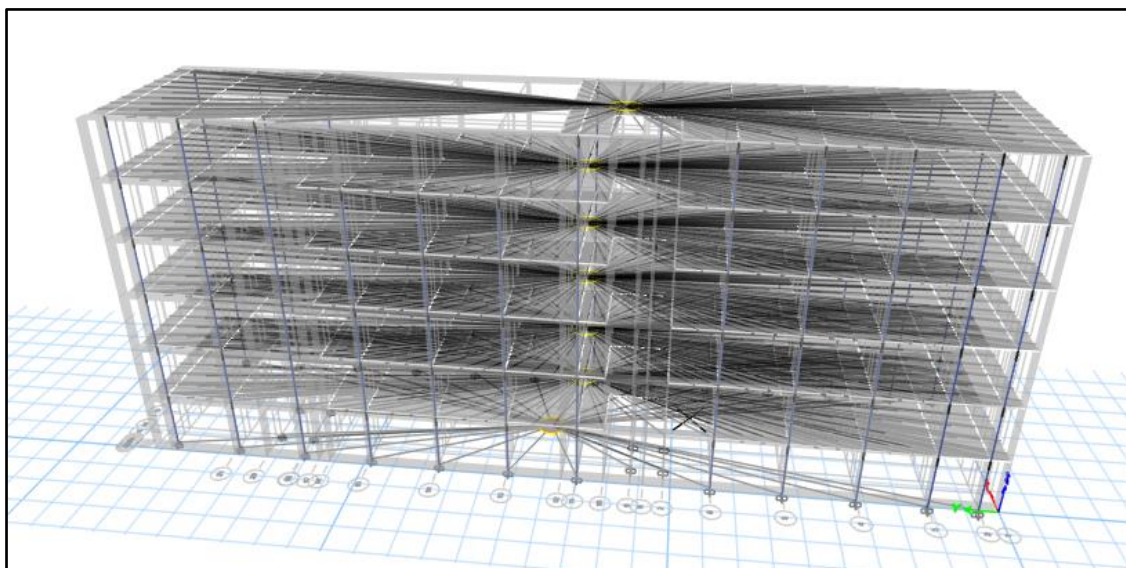
Para realizar el análisis Pushover se debe considerar los siguientes puntos:

- Ingresar Fuerzas laterales en ambos sentidos
- Crear caso de carga gravitacional no Lineal
- Asignar las rotulas plásticas en vigas y columnas
- Crear el caso de carga Pushover en ambos sentidos

Una vez realizados los puntos mencionados se procede a correr el programa, en este caso el programa de análisis estructural es el software ETABS.

### 3.10.2 Fuerzas Laterales.

Previamente antes de ingresar la carga se definió y asignó los diafragmas para cada piso, como se observa en el modelo 3D ilustrado a continuación:



**Ilustración 30:** Modelo 3D

Se definió las fuerzas laterales en función al Cortante Basal del Espectro de Respuesta sísmica, en la siguiente tabla se muestra los valores:

**Tabla 22:** Valores cortante basal

| <i>Piso</i> | <i>h</i> | <i>wi</i> | <i>h*wi</i>    | <i>Vi</i> | <i>ΣVi</i> |
|-------------|----------|-----------|----------------|-----------|------------|
| 6           | 3,80     | 287,33    | 1091,85        | 25,9      | 25,86      |
| 5           | 3,80     | 382,33    | 1452,85        | 34,4      | 60,27      |
| 4           | 3,80     | 382,33    | 1452,85        | 34,4      | 94,68      |
| 3           | 3,80     | 382,33    | 1452,85        | 34,4      | 129,09     |
| 2           | 3,80     | 382,33    | 1452,85        | 34,4      | 163,50     |
| 1           | 3,80     | 388,30    | 1475,55        | 34,9      | 198,45     |
|             |          |           | <b>8378,80</b> | 198,45    |            |

Con los valores debidamente calculados procedí a ingresarlos al software de análisis estructural ETABS, creando patrones de cargas tanto en el sentido “x” como en el sentido “y”, como se muestra en las siguientes figuras:

**E Define Load Patterns**

Loads

| Load | Type       | Self Weight Multiplier | Auto Lateral Load |
|------|------------|------------------------|-------------------|
| Fy   | Seismic    | 0                      | User Loads        |
| Dead | Dead       | 1                      |                   |
| Live | Live       | 0                      |                   |
| CSM  | Super Dead | 0                      |                   |
| Fx   | Seismic    | 0                      | User Loads        |
| Fy   | Seismic    | 0                      | User Loads        |

Click To:

Add New Load

Modify Load

Modify Lateral Load...

Delete Load

OK Cancel

**E User Seismic Loads on Diaphragms**

Number of Load Sets: 1

Load Set 1 of 1

| Story  | Diaphragm | Fx tonf | Fy tonf | Mz tonf-m |
|--------|-----------|---------|---------|-----------|
| Story6 | D1        | 25,9    | 0       | 0         |
| Story5 | D1        | 34,4    | 0       | 0         |
| Story4 | D1        | 34,4    | 0       | 0         |
| Story3 | D1        | 34,4    | 0       | 0         |
| Story2 | D1        | 34,4    | 0       | 0         |
| Story1 | D1        | 34,9    | 0       | 0         |

**E User Seismic Loads on Diaphragms**

Number of Load Sets: 1

Load Set 1 of 1

| Story  | Diaphragm | Fx tonf | Fy tonf | Mz tonf-m |
|--------|-----------|---------|---------|-----------|
| Story6 | D1        | 0       | 25,9    | 0         |
| Story5 | D1        | 0       | 34,4    | 0         |
| Story4 | D1        | 0       | 34,4    | 0         |
| Story3 | D1        | 0       | 34,4    | 0         |
| Story2 | D1        | 0       | 34,4    | 0         |
| Story1 | D1        | 0       | 34,9    | 0         |

### 3.10.3 Rotulas Plásticas en los Elementos.

Para poder asignar las rotulas se debe crear en caso de carga gravitacional no lineal como se muestra en la siguiente figura:

**Load Case Data**

**General**

Load Case Name: Carga Gravitacional No lineal [Design...]

Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]

Mass Source: MsSrc1

Analysis Model: Default

**Initial Conditions**

☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☐ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: [ ]

**Loads Applied**

| Load Type    | Load Name | Scale Factor |
|--------------|-----------|--------------|
| Load Pattern | Dead      | 1            |
| Load Pattern | CSM       | 1            |

[Add] [Delete]

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Full Load [Modify/Show...]

Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]

Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: User Defined - Iterative Event-to-Event [Modify/Show...]

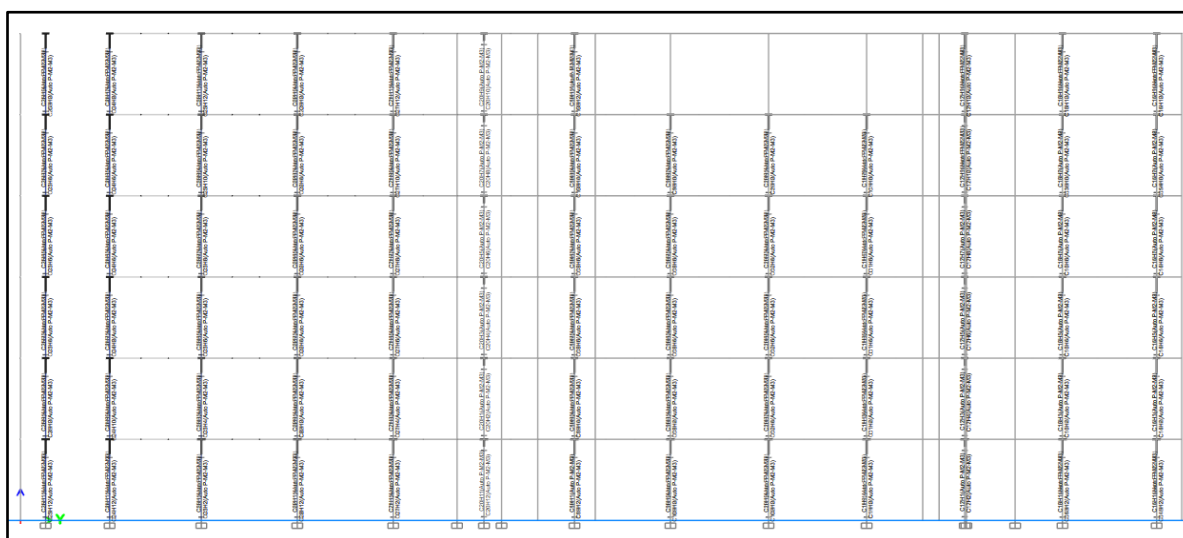
[OK] [Cancel]

**Ilustración 31.** Caso de Carga Gravitacional No Lineal creada.

Se definió las configuraciones respectivas de las rotulas en viga y columnas, considerando un porcentaje de la luz 5% y 95% para vigas y un porcentaje de la altura 5% a 90% para columnas, esto se observa en las siguientes ilustraciones:



**Ilustración 32:** Vista en la planta #3 con la ubicación de las rotulas plásticas en las vigas



**Ilustración 33:** Vista en perfil con la ubicación de las rotulas plásticas en las columnas

### 3.10.4 Caso de Carga no Lineal Pushover.

A continuación, procedí a la creación de los casos de carga Pushover tanto en el eje “x” como en el eje “y”, para esto se debe considerar que el punto de monitoreo será en el último piso debido a que en este se generan los mayores desplazamientos, además definí un desplazamiento máximo de 95 cm tomando en consideración el desplazamiento por default que toma el ETASB siendo el  $0,04H$  donde  $H$  es la altura total de la estructura.

En las siguientes figuras se observan los casos de carga Pushover definidos:

**Load Case Data**

**General**

Load Case Name: Pushover X

Load Case Type: Nonlinear Static

Mass Source: MASA1

Analysis Model: Default

**Initial Conditions**

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: Carga Gravitacional No Linal

**Loads Applied**

| Load Type    | Load Name | Scale Factor |
|--------------|-----------|--------------|
| Load Pattern | FX        | 1            |

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Displacement Control

Results Saved: Multiple States

Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis

Nonlinear Parameters: User Defined - Iterative Event-to-Event

Buttons: Design..., Notes..., Add, Delete, OK, Cancel

**Ilustración 34.** Caso de carga Pushover en sentido X



**E Load Case Data**

**General**

Load Case Name: Pushover Y [Design...]

Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]

Mass Source: MASA1

Analysis Model: Default

**Initial Conditions**

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: Carga Gravitacional No Linal

**Loads Applied**

| Load Type    | Load Name | Scale Factor |
|--------------|-----------|--------------|
| Load Pattern | FY        | 1            |

[Add] [Delete]

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Displacement Control [Modify/Show...]

Results Saved: Multiple States [Modify/Show...]

Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis [Modify/Show...]

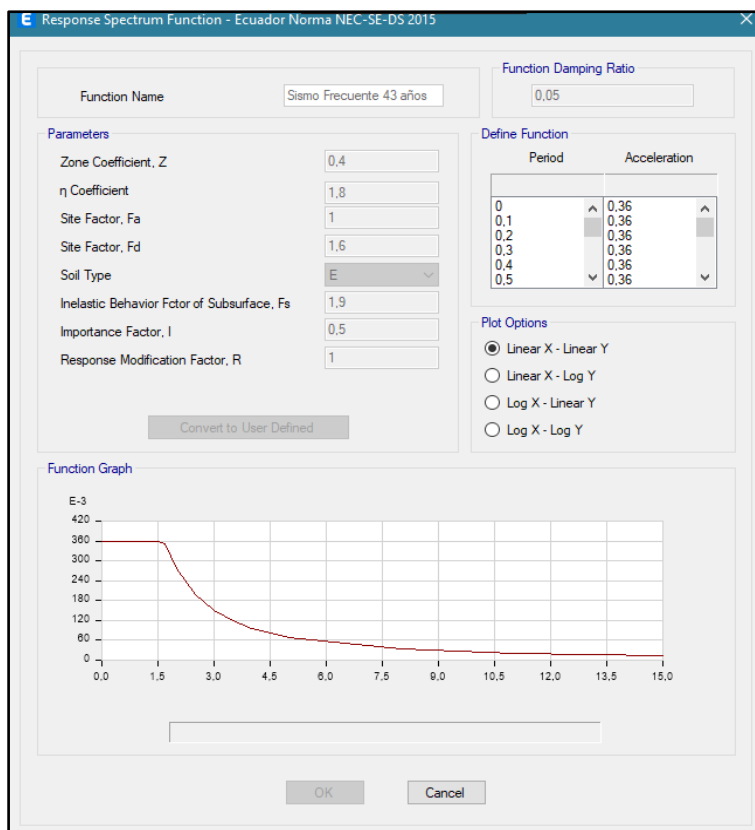
Nonlinear Parameters: User Defined - Iterative Event-to-Event [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

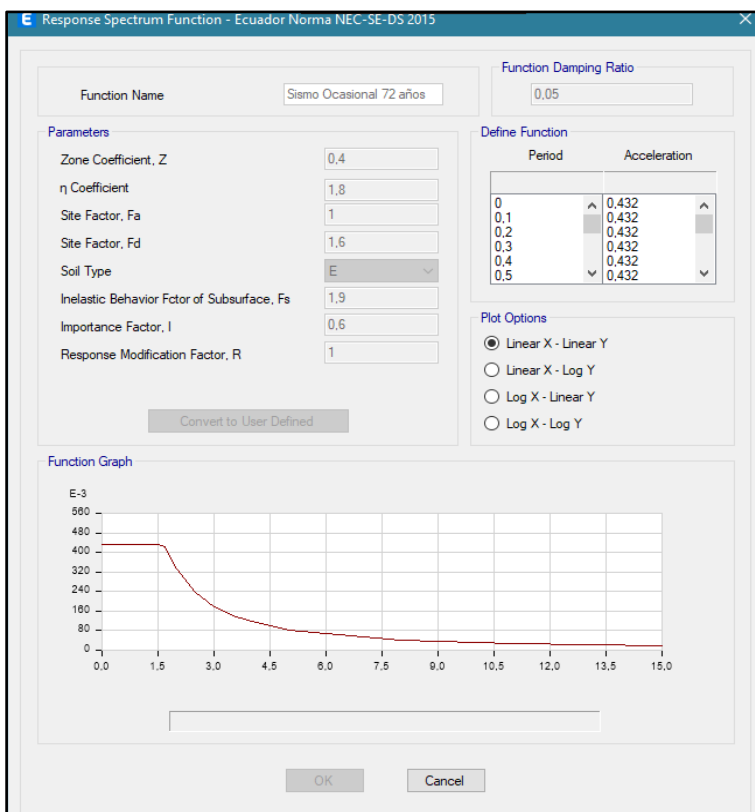
*Ilustración 35. Caso de carga Pushover en sentido “Y”*

### 3.10.5 Espectro de Demanda Sísmica.

Por último, se creó los espectros de demanda con su respectivo factor de importancia. Los sismos serán de 43, 72, 475, 975, 1500, 2500 años en el que el factor de amortiguamiento sísmico R se lo mantendrá con un valor de 1 para conocer el desempeño de cada caso como se muestra en las siguientes figuras:



**Ilustración 36.** Espectro de demanda para 43 años



**Ilustración 37.** Espectro de demanda para 72 años

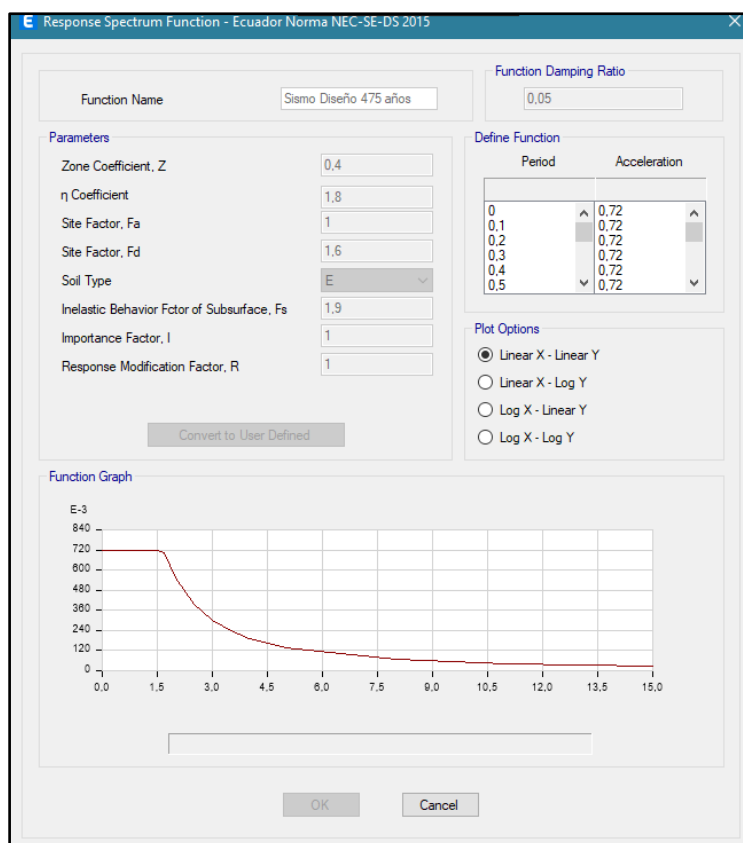


Ilustración 38. Espectro de demanda para 475 años

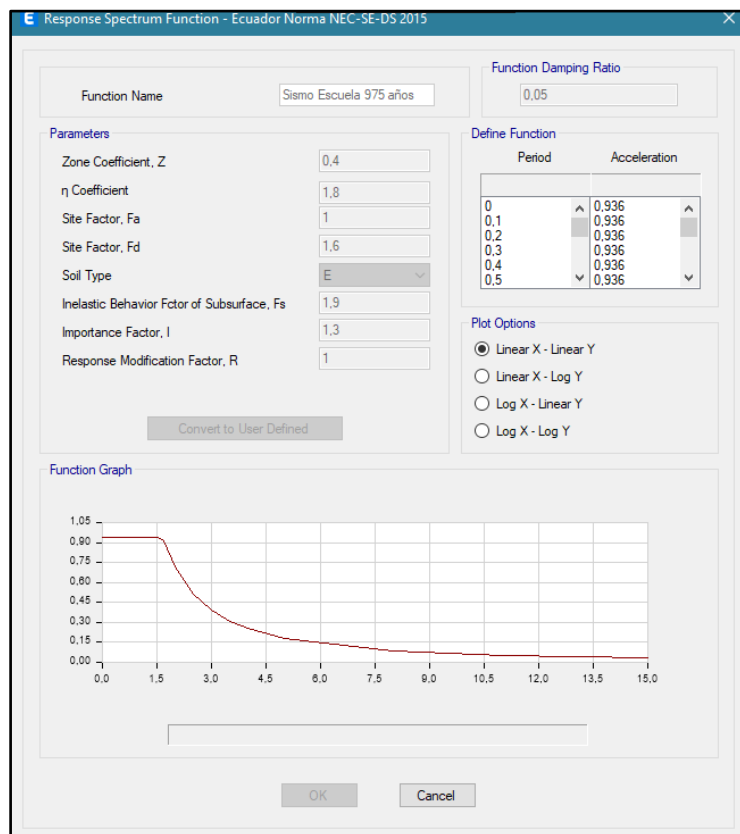


Ilustración 39. Espectro de demanda para 975 años

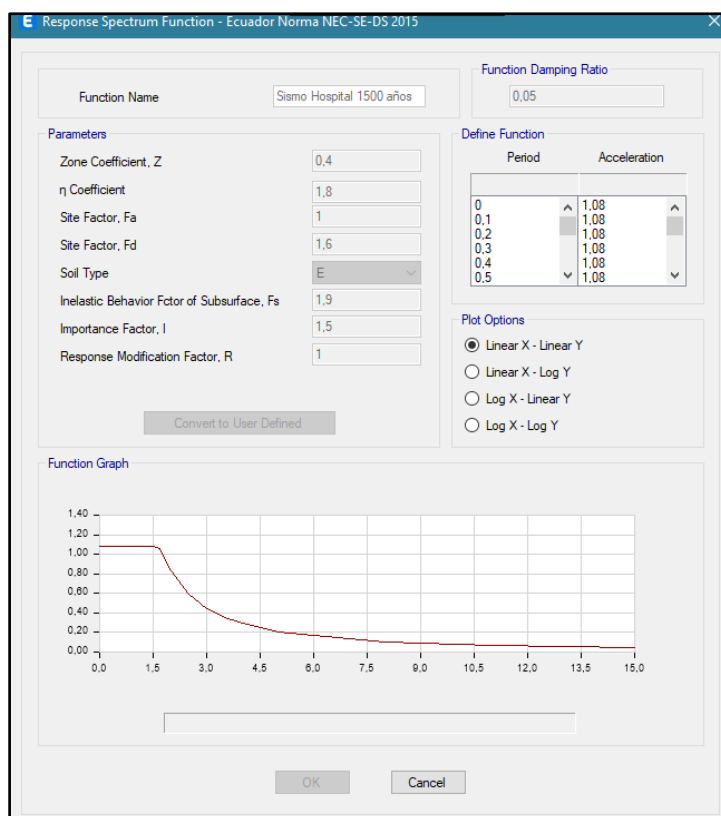


Ilustración 40. Espectro de demanda para 1500 años

### 3.10.6 Análisis Pushover.

#### 3.10.6.1 Análisis de la Rotulas Plásticas.

Después que el ETABS terminó el corrido del análisis, obtuve la tabla en la que se muestran las rotulas plásticas que se han activado a medida que se realizan los pasos según el desplazamiento de control.

A continuación, se observa la tabla del análisis de rotulas plásticas en *sentido X* a continuación:

**Tabla 23.** Rotulas Plásticas en los pasos del Pushover en X

| Step | Monitored Displ | Base Force | A-IO | IO-LS | LS-CP | >CP | Total |
|------|-----------------|------------|------|-------|-------|-----|-------|
|      | cm              | tonf       |      |       |       |     |       |
| 0    | 0               | 0          | 816  | 0     | 0     | 0   | 816   |
| 1    | 7,5913          | 500,4356   | 816  | 0     | 0     | 0   | 816   |
| 2    | 17,2389         | 1118,986   | 813  | 3     | 0     | 0   | 816   |
| 3    | 26,7818         | 1609,587   | 762  | 54    | 0     | 0   | 816   |
| 4    | 27,3242         | 1631,881   | 758  | 58    | 0     | 0   | 816   |

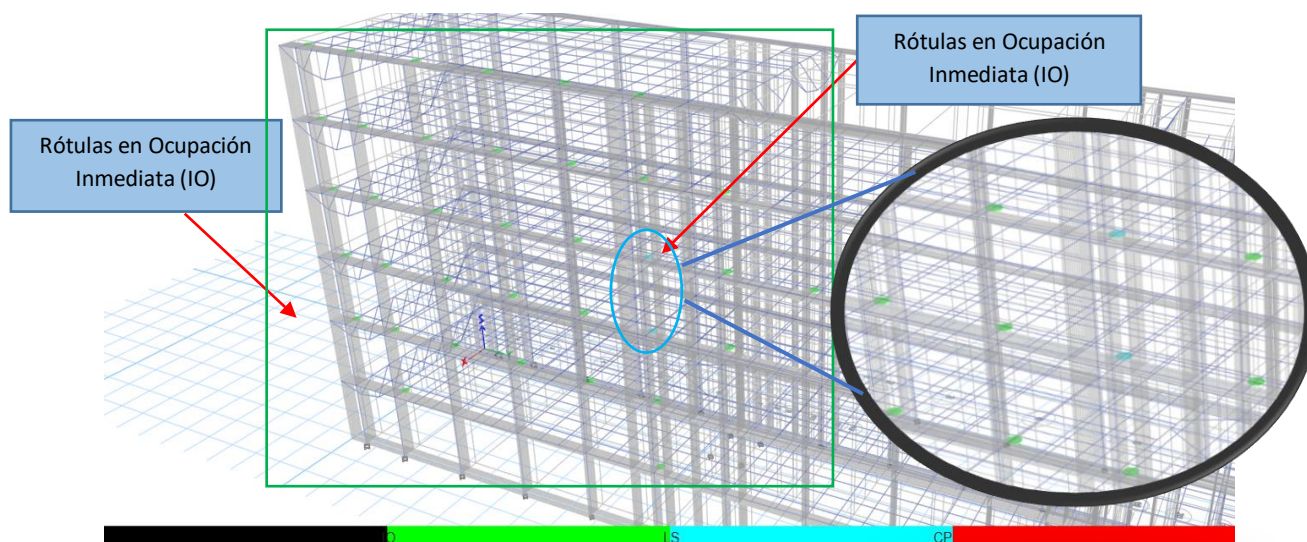
Lo que se interpreta en la tabla es que tenemos un total de 816 rótulas plásticas asignadas, se observa que en el paso 2 se han generado 3 rótulas que se encuentra en el límite de aceptación **Ocupación Inmediata (IO)** con un desplazamiento de **17,2389 cm**, en el paso 3 se refleja que 52 rótulas se encuentran en el límite de aceptación **Ocupación Inmediata (IO)** con un desplazamiento de **26,7818 cm** y en el paso 4 se refleja que 58 rótulas se encuentran en el límite de aceptación **Ocupación Inmediata (IO)** con un desplazamiento de **27,3242 cm**.

En la siguiente ilustración podemos apreciar que la estructura solo se encuentra en estado de fluencia con un desplazamiento de 7,59 cm con una fuerza de cortante basal de 500,44 Tonf.



**Ilustración 41.** Curva de Capacidad de la estructura del Pushover en X

Las rótulas plásticas y los casos críticos en los cuales podemos visualizar y determinar en qué nivel de seguridad se encuentra la estructura, se muestran a continuación en la siguiente ilustración:



**Ilustración 42.** Rotulas plásticas en el límite de Colapso Total del Pushover en X

**Elaborado por:** Anthony Terán Ibarra

A continuación, se observa la tabla del análisis de rotulas plásticas en el sentido “y”:

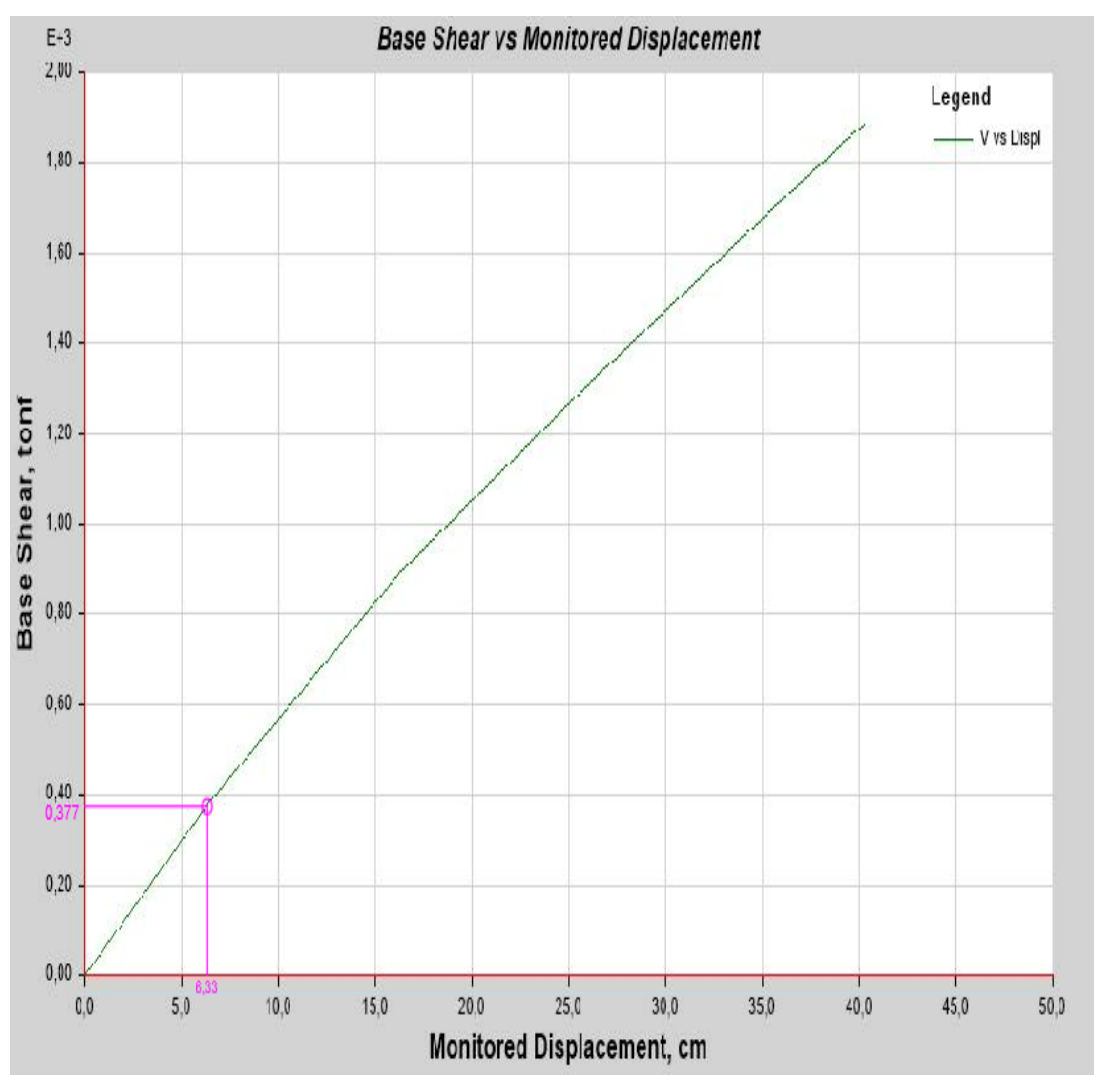
**Tabla 24.** Rotulas Plásticas en los pasos del Pushover en Y

| Step | Monitored Displ | Base Force | A-IO | IO-LS | LS-CP | >CP | Total |
|------|-----------------|------------|------|-------|-------|-----|-------|
|      | cm              | tonf       |      |       |       |     |       |
| 0    | 0               | 0          | 816  | 0     | 0     | 0   | 816   |
| 1    | 6,3312          | 377,9518   | 816  | 0     | 0     | 0   | 816   |
| 2    | 16,2434         | 890,1539   | 816  | 0     | 0     | 0   | 816   |
| 3    | 26,094          | 1314,6172  | 714  | 102   | 0     | 0   | 816   |
| 4    | 35,594          | 1702,2595  | 611  | 205   | 0     | 0   | 816   |
| 5    | 39,5461         | 1859,2935  | 587  | 222   | 7     | 0   | 816   |
| 6    | 39,5473         | 1858,0974  | 587  | 221   | 8     | 0   | 816   |
| 7    | 40,2338         | 1884,9495  | 584  | 223   | 9     | 0   | 816   |

Lo que se interpreta en la tabla es que tenemos un total de 816 rótulas plásticas asignadas, de las cuales se observa que en el paso 4 se han generado 205 rotulas que se encuentra en el límite de aceptación **Ocupación Inmediata (IO)** con un desplazamiento de **35,594 cm**, pero en el paso 5 se refleja que 222 rotulas se encuentran en el límite de aceptación **Ocupación Inmediata (IO)** además de 7 rótulas que se encuentran cursando en el límite de aceptación **Línea de Seguridad (LS)** con un desplazamiento de **39,5461 cm** y en el paso 7 se refleja que 223 rotulas se encuentran en el límite de aceptación **Ocupación Inmediata**

(IO) además de 9 rótulas que se encuentran cursando en el límite de aceptación **Línea de Seguridad (LS)** con un desplazamiento de **40,2338 cm**, en el modelo 3D podemos visualizar que las 9 rótulas se generan en las vigas por lo que dichos elementos están en una zona próxima al **Punto de Colapso (CP)**, de manera que la estructura aún se encuentra estable pero se tendrá que requerir de refuerzo en dicho elemento debido a un desplazamiento mayor de 40,2338 cm.

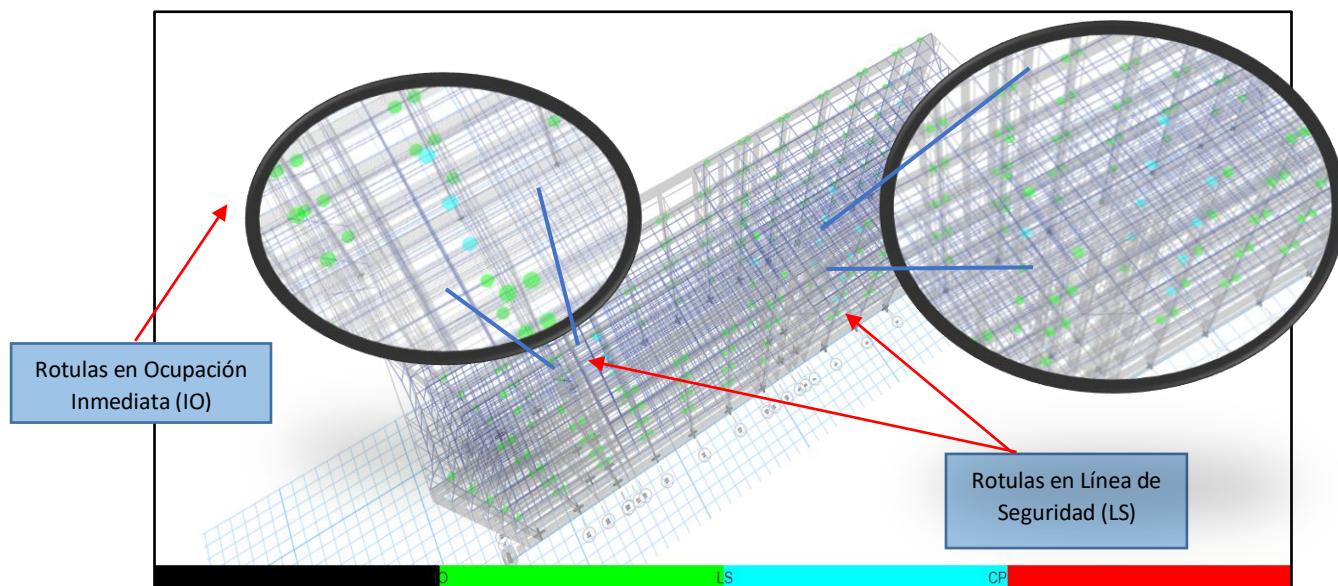
En la siguiente ilustración podemos apreciar que la estructura se encuentra en estado de fluencia con un desplazamiento de 6,33 cm con una fuerza de cortante basal de 377,95 Tonf.



**Ilustración 43.** Curva de Capacidad de la estructura del Pushover en Y  
**Elaborado por:** Anthony Terán Ibarra

Los rotulas plásticas y en los pasos críticos se muestran en la siguiente ilustración:



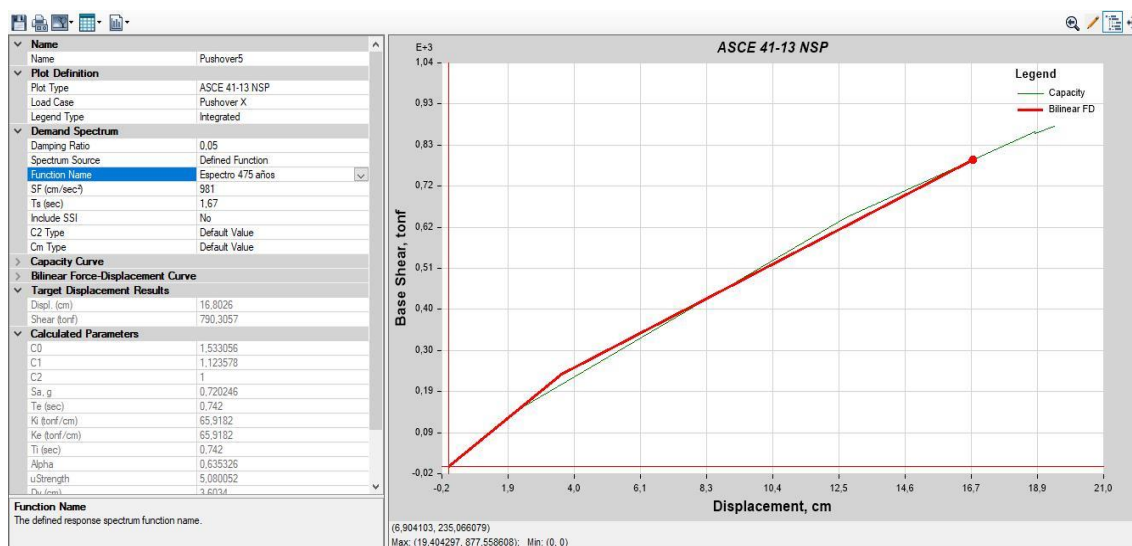


**Ilustración 44.** Rotulas plásticas en el límite de Colapso Total del Pushover en Y

**Elaborado por:** Anthony Terán Ibarra

### 3.10.6.1.1 Resultados del Método de los Coeficiente ASCE 41-13.

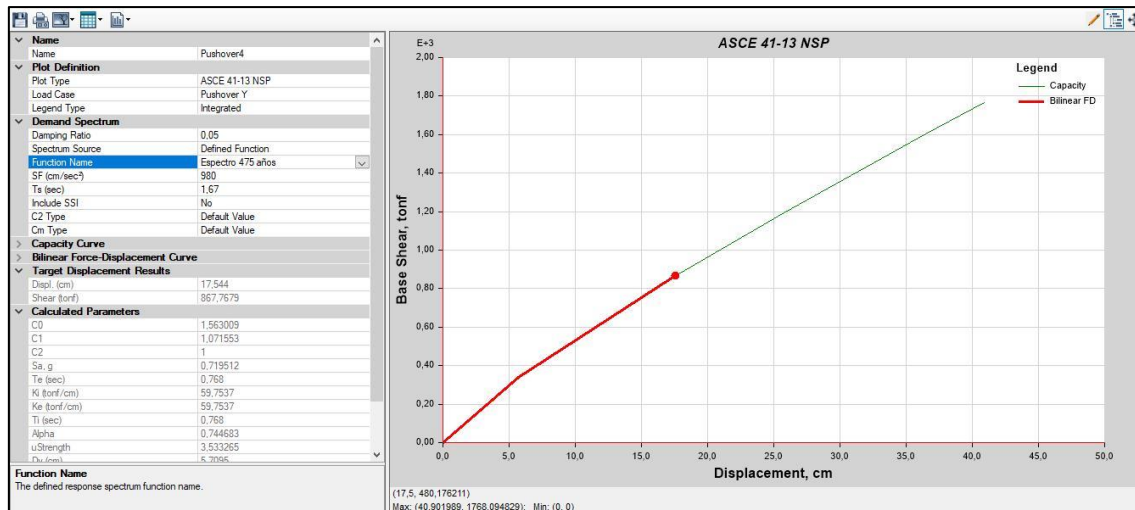
Se implementó el método de los coeficientes para conocer los desplazamientos de fluencia, demanda y ultimo mediante la Bilinealización tanto en el sentido “x” como en el sentido “y” tal como se observa en las siguientes ilustraciones:



**Ilustración 45.** Gráfica de la Bilinealización del Pushover en X

**Elaborado por:** Anthony Terán Ibarra



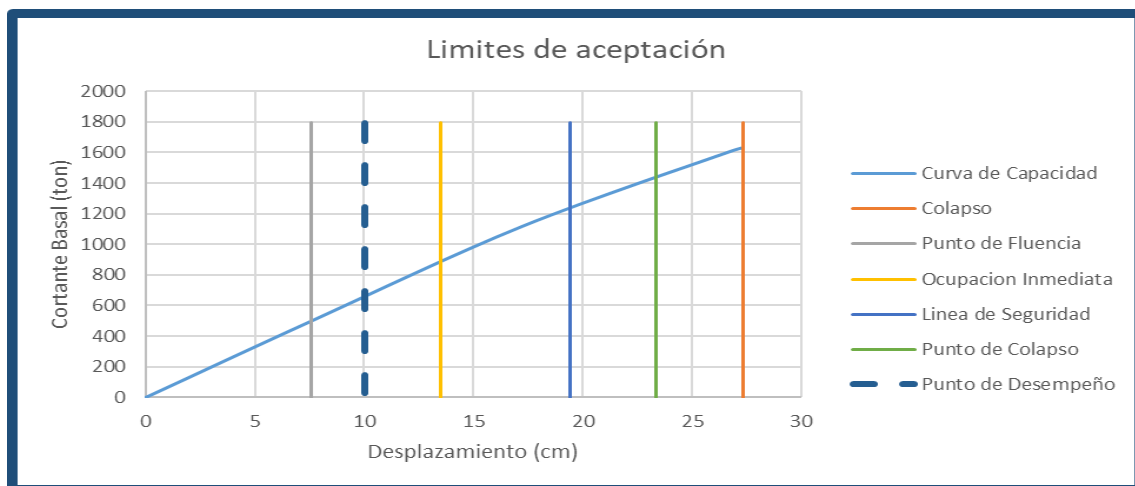


**Ilustración 46.** Grafica de la Bilinealización del Pushover en Y

**Elaborado por:** Anthony Terán Ibarra

### 3.10.6.1.2 Límites de Aceptación.

Finalmente se generaron las gráficas de la curva de capacidad de la edificación complementando con las líneas que representa los límites de aceptación para los espectros de demanda en el sentido “x” como se observa en las siguientes ilustraciones:



**Ilustración 47.** Curva de capacidad con los límites de aceptación de un sismo de 43 años con Pushover aplicado en el sentido “x”.

**Elaborado por:** Anthony Terán Ibarra

Analizando el punto de desempeño con este sismo de categoría frecuente por cada 43 años, en primera instancia la línea de desempeño no indica que la estructura se encuentre entre los límites de Ocupación Inmediata y Línea de Seguridad, analizando la ductilidad de

capacidad vs la ductilidad de demanda se concluye que para este tipo de sismo la estructura es habitable, en la siguiente tabla se resume el análisis.

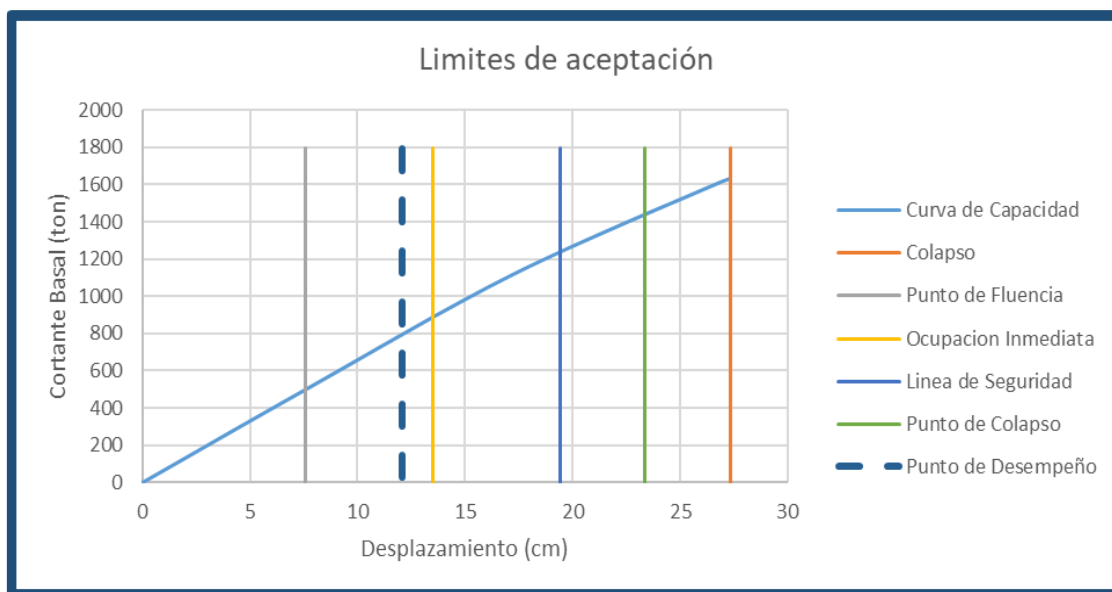
**Tabla 25: Análisis de ductilidad**

| <b>Análisis de ductilidad</b> |      |           |
|-------------------------------|------|-----------|
| DUCT CAPACIDAD                | 3,60 |           |
| DCUT DEMANDA                  | 1,32 |           |
| <b>Conclusion</b>             | 2,28 | HABITABLE |

De la misma manera, si analizamos el factor de reducción sísmica aplicando la ecuación dada por COVENIN (1756-2001) la ductilidad multiplicado por 1,25 obtenemos que el R-Push que se debe usar en vez de usar el R que nos otorga la tabla de la NEC-15, a continuación, se muestra la tabla para el espectro de demanda de 43 años:

**Tabla 26: Análisis del factor de reducción sísmica R**

| <b>Analisis del factor de reduccion sismica R</b> |      |                                        |
|---------------------------------------------------|------|----------------------------------------|
| DUCTILIDAD                                        | 3,60 | <b>Metodo COVENIN<br/>(1756 -2001)</b> |
| R-Push                                            | 4,50 |                                        |
| R-NEC                                             | 8    |                                        |



**Ilustración 48.** Curva de capacidad con los límites de aceptación de un sismo de 72 años con Pushover aplicado en el sentido “x”.

**Elaborado por:** Anthony Terán Ibarra

Analizando el punto de desempeño con este sismo de categoría frecuente por cada 72 años, en primera instancia la línea de desempeño no indica que la estructura se encuentre entre los límites de Ocupación Inmediata y Línea de Seguridad, analizando la ductilidad de

capacidad vs la ductilidad de demanda se concluye que para este tipo de sismo la estructura es habitable, en la siguiente tabla se resume el análisis.

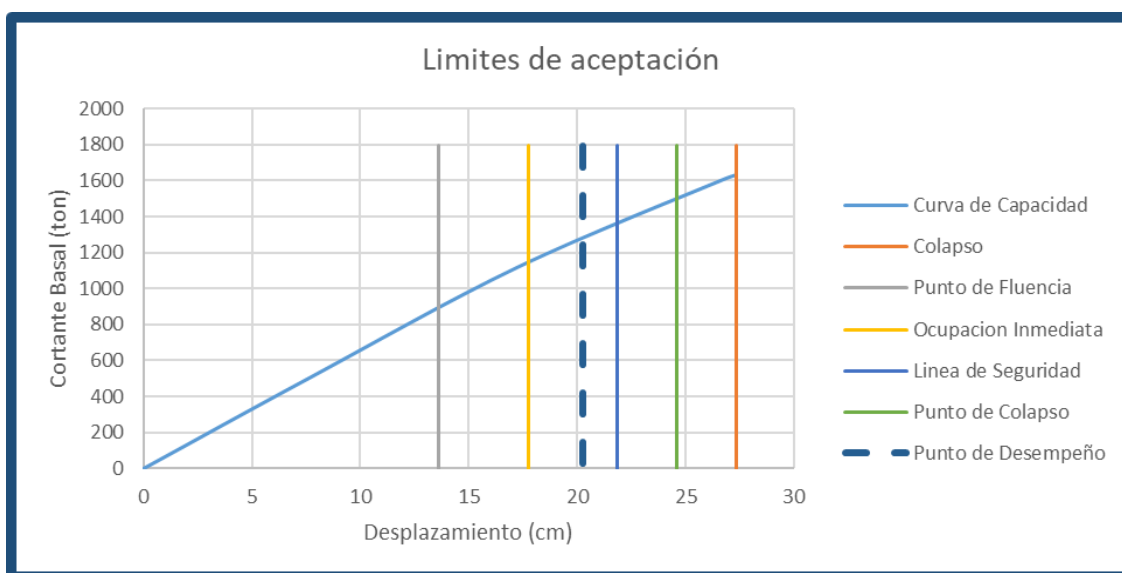
**Tabla 27:** *Análisis de ductilidad*

| <b>Análisis de ductilidad</b> |      |           |
|-------------------------------|------|-----------|
| DUCT CAPACIDAD                | 3,60 |           |
| DCUT DEMANDA                  | 1,59 |           |
| <b>Conclusion</b>             | 2,01 | HABITABLE |

De la misma manera si analizamos el factor de reducción sísmica aplicando la ecuación dada por COVENIN (1756-2001) la ductilidad multiplicado por 1,25 obtenemos que el R-Push que se debe usar en vez de usar el R que nos otorga la tabla de la NEC-15, a continuación, se muestra la tabla para el espectro de demanda de 72 años:

**Tabla 28:** *Análisis del factor de reducción sísmica R*

| <b>Analisis del factor de reduccion sismica R</b> |      |                                        |
|---------------------------------------------------|------|----------------------------------------|
| DUCTILIDAD                                        | 3,60 | <b>Metodo COVENIN<br/>(1756 -2001)</b> |
| R-Push                                            | 4,50 |                                        |
| R-NEC                                             | 8    |                                        |



**Ilustración 49.** *Curva de capacidad con los límites de aceptación de un sismo de 475 años con Pushover aplicado en el sentido “x”.*

**Elaborado por:** Anthony Terán Ibarra

Analizando el punto de desempeño con este sismo de categoría frecuente por cada 475 años, en primera instancia la línea de desempeño no indica que la estructura se encuentre entre los límites de Punto de Colapso y Colapso Total, analizando la ductilidad de capacidad

vs la ductilidad de demanda se concluye que para este tipo de sismo la estructura se debe reforzar, en la siguiente tabla se resume el análisis.

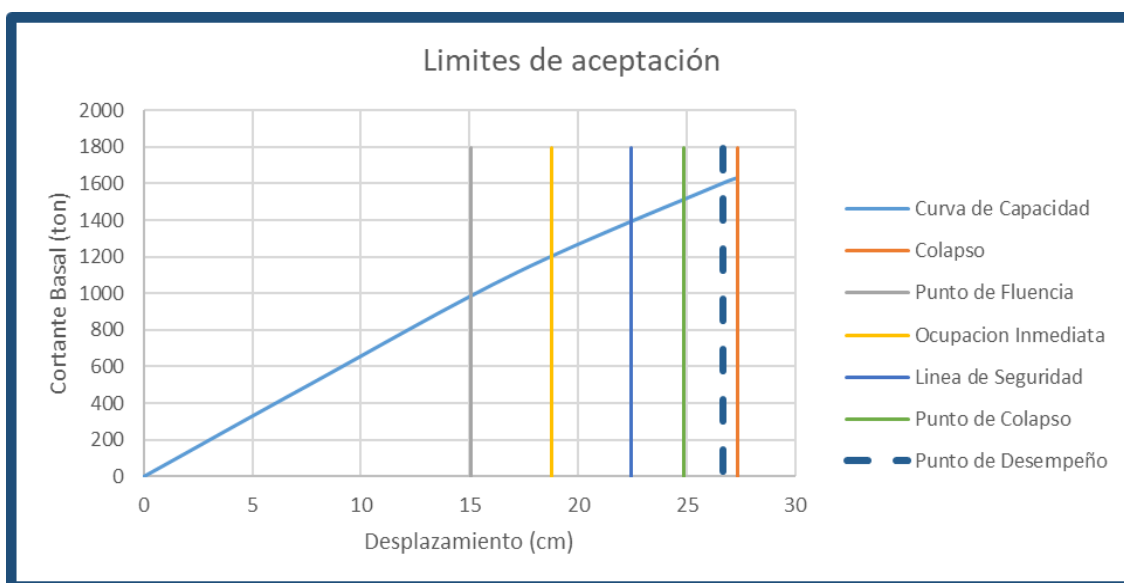
**Tabla 29:** Análisis de ductilidad

| <b>Análisis de ductilidad</b> |      |          |
|-------------------------------|------|----------|
| DUCT CAPACIDAD                | 2,01 |          |
| DCUT DEMANDA                  | 1,49 |          |
| <b>Conclusion</b>             | 0,52 | REFORZAR |

De la misma manera si analizamos el factor de reducción sísmica aplicando la ecuación dada por COVENIN (1756-2001) la ductilidad multiplicado por 1,25 obtenemos que el R-Push que se debe usar en vez de usar el R que nos otorga la tabla de la NEC-15, a continuación, se muestra la tabla para el espectro de demanda de 475 años:

**Tabla 30:** Análisis del factor de reducción sísmica R

| <b>Analisis del factor de reduccion sismica R</b> |      |                                        |
|---------------------------------------------------|------|----------------------------------------|
| DUCTILIDAD                                        | 2,01 | <b>Metodo COVENIN<br/>(1756 -2001)</b> |
| R-Push                                            | 2,51 |                                        |
| R-NEC                                             | 8    |                                        |



**Ilustración 50.** Curva de capacidad con los límites de aceptación de un sismo de 975 años con Pushover aplicado en el sentido "x".

**Elaborado por:** Anthony Terán Ibarra

Analizando el punto de desempeño con este sismo de categoría frecuente por cada 975 años, en primera instancia la línea de desempeño no indica que la estructura se encuentre afuera del límite de Colapso Total, sin embargo, analizando la ductilidad de capacidad vs la

ductilidad de demanda se concluye que para este tipo de sismo la estructura se debe reforzar, en la siguiente tabla se resume el análisis.

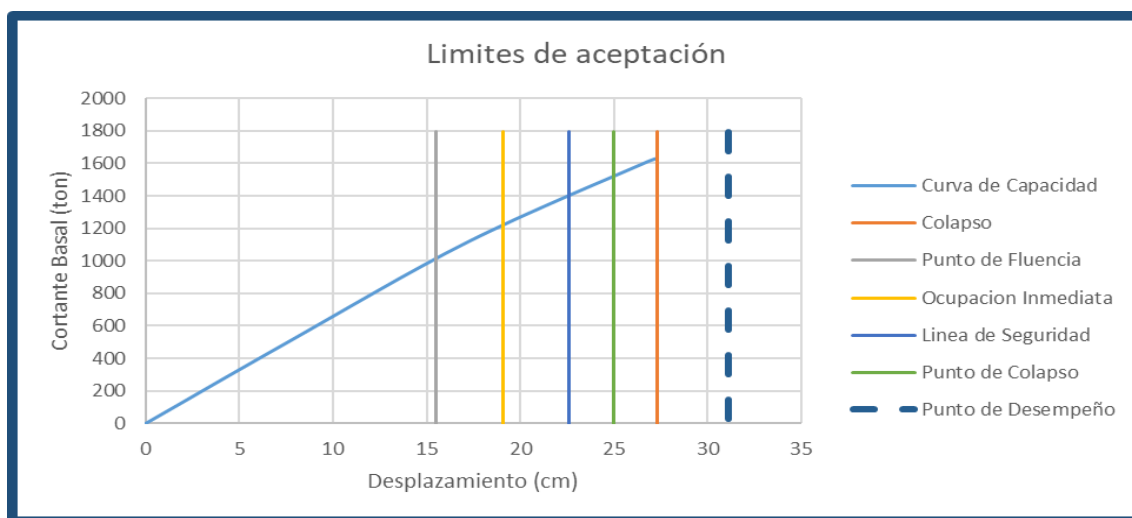
**Tabla 31:** Análisis de ductilidad

| <b>Análisis de ductilidad</b> |      |          |
|-------------------------------|------|----------|
| DUCT CAPACIDAD                | 1,81 |          |
| DCUT DEMANDA                  | 1,77 |          |
| <b>Conclusion</b>             | 0,04 | REFORZAR |

De la misma manera si analizamos el factor de reducción sísmica aplicando la ecuación dada por COVENIN (1756-2001) la ductilidad multiplicado por 1,25 obtenemos que el R-Push que se debe usar en vez de usar el R que nos otorga la tabla de la NEC-15, a continuación, se muestra la tabla para el espectro de demanda de 975 años:

**Tabla 32:** Análisis del factor de reducción sísmica R

| <b>Analisis del factor de reduccion sismica R</b> |      |                                        |
|---------------------------------------------------|------|----------------------------------------|
| DUCTILIDAD                                        | 1,81 | <b>Metodo COVENIN<br/>(1756 -2001)</b> |
| R-Push                                            | 2,26 |                                        |
| R-NEC                                             | 8    |                                        |



**Ilustración 51.** Curva de capacidad con los límites de aceptación de un sismo de 1500 años con Pushover aplicado en el sentido "x".

**Elaborado por:** Anthony Terán Ibarra

Analizando el punto de desempeño con este sismo de categoría frecuente por cada 1500 años, en primera instancia la línea de desempeño nos indica que la estructura se encuentra fuera de los límites de aceptación. Analizando la ductilidad de capacidad vs la ductilidad de

demanda se concluye que para este tipo de sismo la estructura se debe reforzar, en la tabla se resumen el análisis.

**Tabla 33:** *Análisis de ductilidad*

| <b>Análisis de ductilidad</b> |       |          |
|-------------------------------|-------|----------|
| DUCT CAPACIDAD                | 1,76  |          |
| DCUT DEMANDA                  | 2,00  |          |
| <b>Conclusion</b>             | -0,24 | REFORZAR |

De la misma manera si analizamos el factor de reducción sísmica aplicando la ecuación dada por COVENIN (1756-2001) la ductilidad multiplicado por 1,25 obtenemos que el R-Push que se debe usar en vez de usar el R que nos otorga la tabla de la NEC-15, a continuación, se muestra la tabla para el espectro de demanda de 1500 años:

**Tabla 34:** *Análisis del factor de reducción sísmica R*

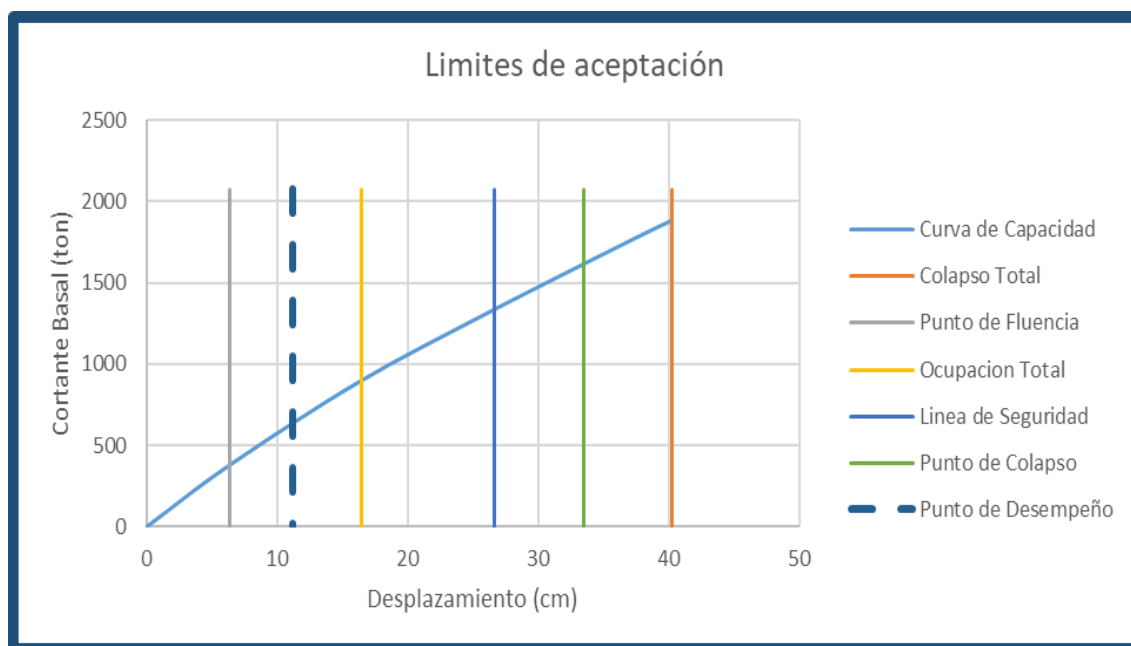
| <b>Analisis del factor de reduccion sismica R</b> |      |                                        |
|---------------------------------------------------|------|----------------------------------------|
| DUCTILIDAD                                        | 1,76 | <b>Metodo COVENIN<br/>(1756 -2001)</b> |
| R-Push                                            | 2,20 |                                        |
| R-NEC                                             | 8    |                                        |

Analizando los resultados de todos los sismos de demandas terminaran en el mismo caso, esto se llega a notar comparando el desplazamiento de demanda con el desplazamiento último, esto se puede apreciar en la siguiente tabla:

**Tabla 35:** *Resumen de los desplazamientos según el caso de sismo de demanda en sentido X.*

| <b>Desplazamiento del Metodo de los Coeficiente<br/>ASCE 41-13</b> |       |       |       |
|--------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| Años                                                               | dd    | du    | dy    |
| 43                                                                 | 10,01 | 27,32 | 7,59  |
| 72                                                                 | 12,10 | 27,32 | 7,59  |
| 475                                                                | 20,25 | 27,32 | 13,62 |
| 975                                                                | 26,67 | 27,32 | 15,08 |
| 1500                                                               | 31,09 | 27,32 | 15,52 |

A continuación, apreciaremos las gráficas de la curva de capacidad de la edificación complementando con las líneas que representa los límites de aceptación para los espectros de demanda en sentido “y” como se observa en las siguientes ilustraciones:



**Ilustración 52:** Curva de capacidad con los límites de aceptación de un sismo de 43 años con Pushover aplicado en el sentido "y".

**Elaborado por:** Anthony Terán Ibarra

Analizando el punto de desempeño con este sismo de categoría frecuente por cada 43 años, en primera instancia la línea de desempeño no indica que la estructura se encuentre entre los límites de Ocupación Inmediata y Línea de Seguridad, analizando la ductilidad de capacidad vs la ductilidad de demanda se concluye que para este tipo de sismo la estructura es habitable, en la siguiente tabla se resume el análisis.

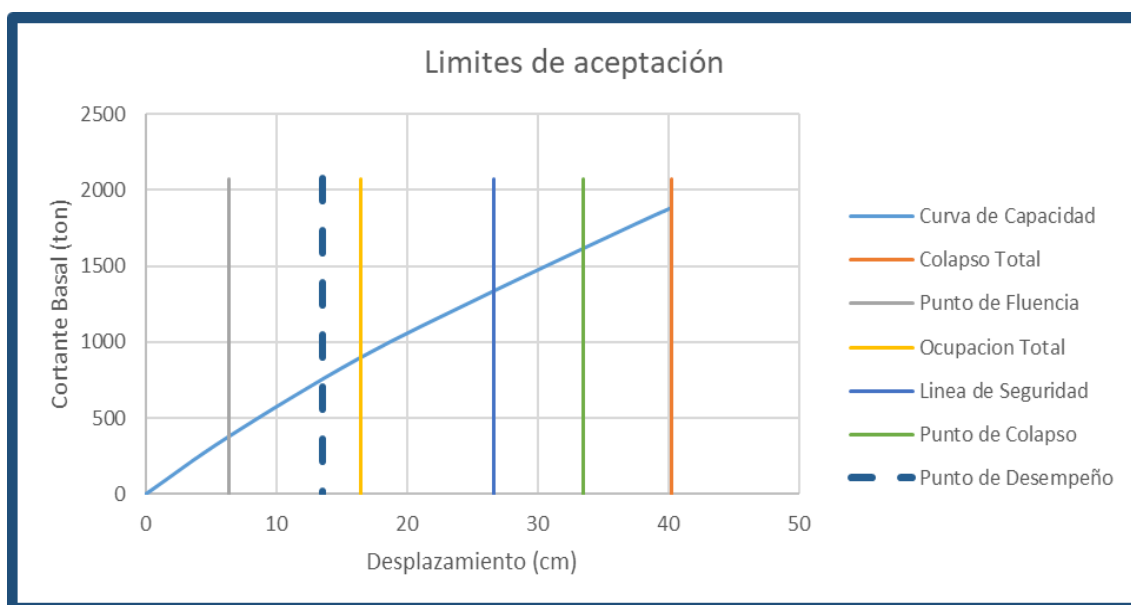
**Tabla 36:** Análisis de ductilidad

| Análisis de ductilidad |      |                  |
|------------------------|------|------------------|
| DUCT CAPACIDAD         | 6,36 |                  |
| DCUT DEMANDA           | 1,76 |                  |
| <b>Conclusion</b>      | 4,59 | <b>HABITABLE</b> |

De la misma manera si analizamos el factor de reducción sísmica aplicando la ecuación dada por COVENIN (1756-2001) la ductilidad multiplicado por 1,25 obtenemos que el R-Push que se debe usar en vez de usar el R que nos otorga la tabla de la NEC-15, a continuación, se muestra la tabla para el espectro de demanda de 43 años:

**Tabla 37:** Análisis del factor de reducción sísmica  $R$ 

| Análisis del factor de reducción sísmica $R$ |      |                                        |
|----------------------------------------------|------|----------------------------------------|
| DUCTILIDAD                                   | 6,36 | <b>Metodo COVENIN<br/>(1756 -2001)</b> |
| R-Push                                       | 7,94 |                                        |
| R-NEC                                        | 8    |                                        |

**Ilustración 53.** Curva de capacidad con los límites de aceptación de un sismo de 72 años con Pushover en el sentido "y".**Elaborado por:** Anthony Terán Ibarra

Analizando el punto de desempeño con este sismo de categoría frecuente por cada 72 años, en primera instancia la línea de desempeño nos indica que la estructura se encuentra entre los límites de Fluencia y Ocupación Inmediata, analizando la ductilidad de capacidad vs la ductilidad de demanda se concluye que para este tipo de sismo la estructura es habitable, en la siguiente tabla se resume el análisis.

**Tabla 38:** Análisis de ductilidad

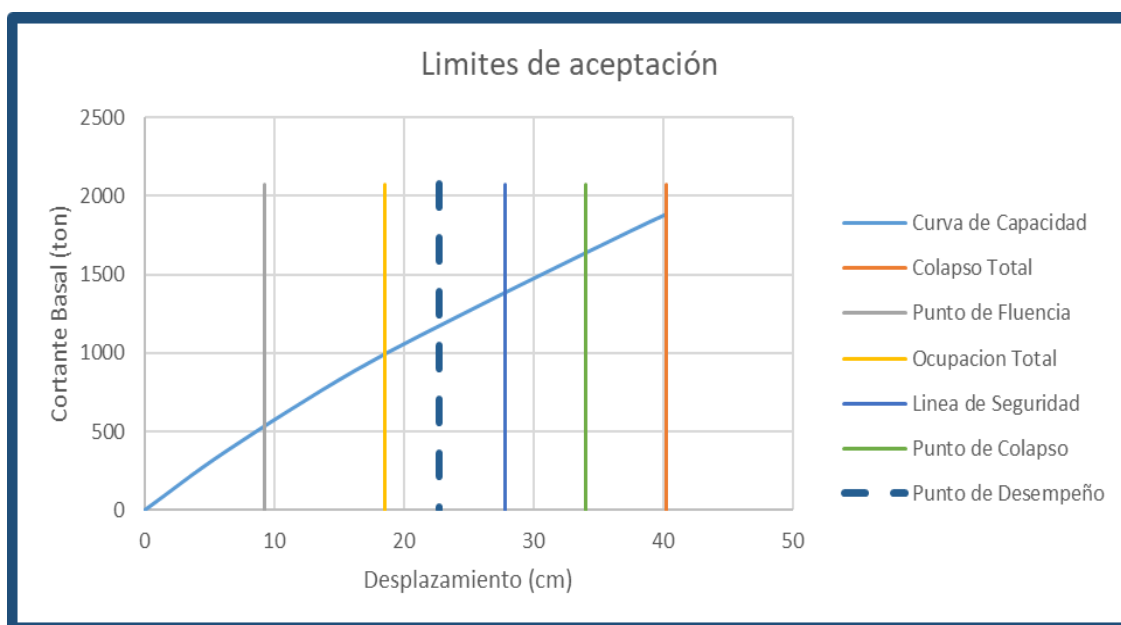
| Análisis de ductilidad |      |                  |
|------------------------|------|------------------|
| DUCT CAPACIDAD         | 6,36 |                  |
| DCUT DEMANDA           | 2,13 |                  |
| <b>Conclusion</b>      | 4,22 | <b>HABITABLE</b> |

De la misma manera si analizamos el factor de reducción sísmica aplicando la ecuación dada por COVENIN (1756-2001) la ductilidad multiplicado por 1,25 obtenemos que el R-Push que se debe usar en vez de usar el R que nos otorga la tabla de la NEC-15, a continuación, se muestra la tabla para el espectro de demanda de 72 años:



**Tabla 39:** Análisis del factor de reducción sísmica  $R$ 

| Análisis del factor de reducción sísmica $R$ |      |                                        |
|----------------------------------------------|------|----------------------------------------|
| DUCTILIDAD                                   | 6,36 | <b>Metodo COVENIN<br/>(1756 -2001)</b> |
| R-Push                                       | 7,94 |                                        |
| R-NEC                                        | 8    |                                        |

**Ilustración 54.** Curva de capacidad con los límites de aceptación de un sismo de 475 años con Pushover en el sentido “y”.**Elaborado por:** Anthony Terán Ibarra

Analizando el punto de desempeño con este sismo de categoría frecuente por cada 475 años, en primera instancia la línea de desempeño nos indica que la estructura se encuentra entre los límites de Ocupación Inmediata y Línea de Seguridad, analizando la ductilidad de capacidad vs la ductilidad de demanda se concluye que para este tipo de sismo la estructura debe ser reforzada, en la siguiente tabla se resume el análisis.

**Tabla 40:** Análisis de ductilidad

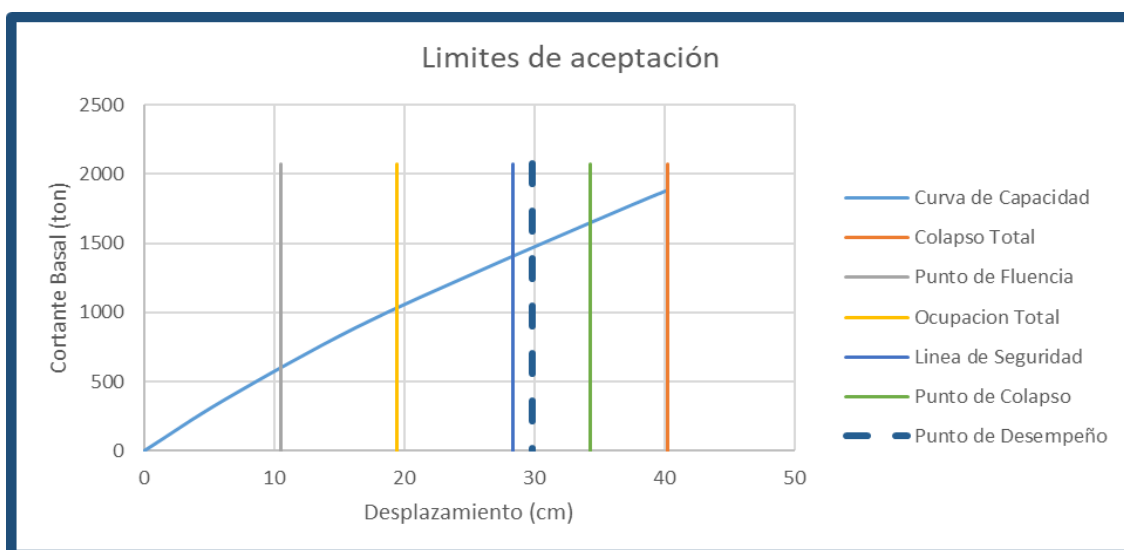
| Análisis de ductilidad |      |                 |
|------------------------|------|-----------------|
| DUCT CAPACIDAD         | 4,34 |                 |
| DCUT DEMANDA           | 2,45 |                 |
| <b>Conclusion</b>      | 1,88 | <b>REFORZAR</b> |

De la misma manera si analizamos el factor de reducción sísmica aplicando la ecuación dada por COVENIN (1756-2001) la ductilidad multiplicado por 1,25 obtenemos que el R-Push

que se debe usar en vez de usar el R que nos otorga la tabla de la NEC-15, a continuación, se muestra la tabla para el espectro de demanda de 475 años:

**Tabla 41:** Análisis del factor de reducción sísmica R

| Análisis del factor de reducción sísmica R |      |                                        |
|--------------------------------------------|------|----------------------------------------|
| DUCTILIDAD                                 | 4,34 | <b>Metodo COVENIN<br/>(1756 -2001)</b> |
| R-Push                                     | 5,42 |                                        |
| R-NEC                                      | 8    |                                        |



**Ilustración 55.** Curva de capacidad con los límites de aceptación de un sismo de 975 años con Pushover en el sentido “y”.

**Elaborado por:** Anthony Terán Ibarra

Analizando el punto de desempeño con este sismo de categoría frecuente por cada 975 años, en primera instancia la línea de desempeño nos indica que la estructura se encuentra entre los límites de Línea de Seguridad y Punto de Colapso, analizando la ductilidad de capacidad vs la ductilidad de demanda se concluye que para este tipo de sismo la estructura debe ser reforzada, en la tabla se resume el análisis.

**Tabla 42:** Análisis de ductilidad

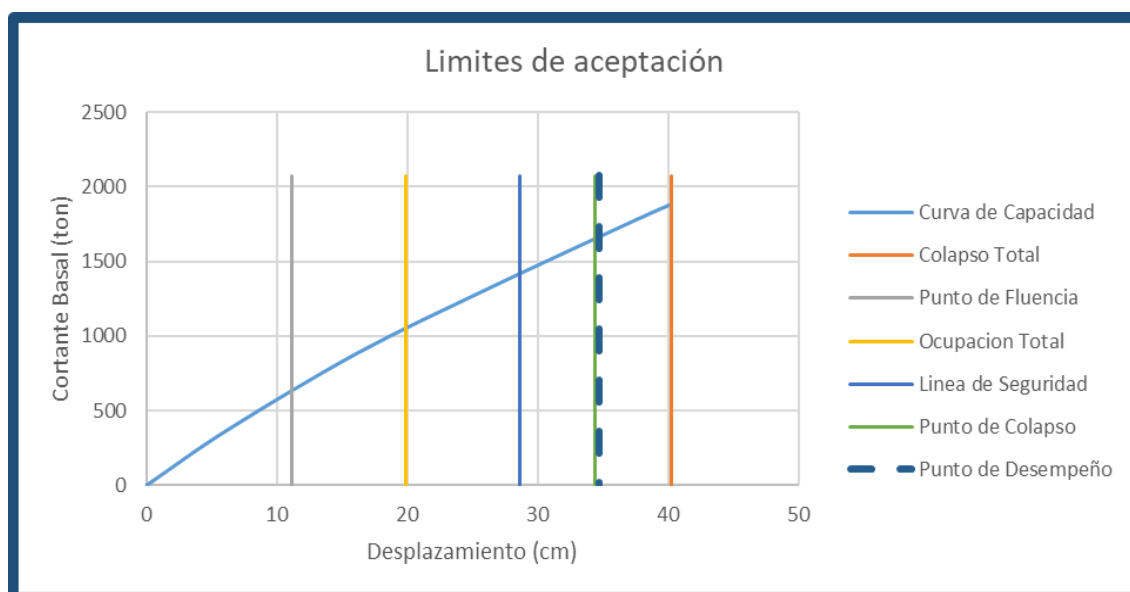
| Análisis de ductilidad |      |                 |
|------------------------|------|-----------------|
| DUCT CAPACIDAD         | 3,81 |                 |
| DCUT DEMANDA           | 2,83 |                 |
| <b>Conclusion</b>      | 0,98 | <b>REFORZAR</b> |

De la misma manera si analizamos el factor de reducción sísmica aplicando la ecuación dada por COVENIN (1756-2001) la ductilidad multiplicado por 1,25 obtenemos que el R-Push

que se debe usar en vez de usar el R que nos otorga la tabla de la NEC-15, a continuación, se muestra la siguiente tabla para el espectro de demanda de 975 años:

**Tabla 43:** Análisis del factor de reducción sísmica R

| Análisis del factor de reducción sísmica R |      |                                        |
|--------------------------------------------|------|----------------------------------------|
| DUCTILIDAD                                 | 3,81 | <b>Metodo COVENIN<br/>(1756 -2001)</b> |
| R-Push                                     | 4,77 |                                        |
| R-NEC                                      | 8    |                                        |



**Ilustración 56:** Curva de capacidad con los límites de aceptación de un sismo de 1500 años con Pushover aplicado en el sentido "y".

**Elaborado por:** Anthony Terán Ibarra

Analizando el punto de desempeño con este sismo de categoría frecuente por cada 1500 años, en primera instancia la línea de desempeño nos indica que la estructura ha incursionado entre los límites de Punto de Colapso y Colapso Total, analizando la ductilidad de capacidad vs la ductilidad de demanda se concluye que para este tipo de sismo la estructura debe ser reforzada, en la tabla se resumen el análisis.

**Tabla 44:** Análisis de ductilidad

| Análisis de ductilidad |      |                 |
|------------------------|------|-----------------|
| DUCT CAPACIDAD         | 3,61 |                 |
| DCUT DEMANDA           | 3,11 |                 |
| <b>Conclusion</b>      | 0,50 | <b>REFORZAR</b> |

De la misma manera si analizamos el factor de reducción sísmica aplicando la ecuación dada por COVENIN (1756-2001) la ductilidad multiplicado por 1,25 obtenemos que el R-Push

que se debe usar en vez de usar el R que nos otorga la tabla de la NEC-15, a continuación, se muestra la siguiente tabla para el espectro de demanda de 1500 años:

**Tabla 45:** *Análisis del factor de reducción sísmica R*

| Análisis del factor de reducción sísmica R |      |                                        |
|--------------------------------------------|------|----------------------------------------|
| DUCTILIDAD                                 | 3,61 | <b>Metodo COVENIN<br/>(1756 -2001)</b> |
| R-Push                                     | 4,51 |                                        |
| R-NEC                                      | 8    |                                        |

Por lo que analizando los resultados de los otros sismos de demandas terminaran en el mismo caso esto se llega a notar comparando el desplazamiento de demanda con el desplazamiento último, esto se puede apreciar en la siguiente tabla:

**Tabla 46:** *Resumen de los desplazamientos según el caso de sismo de demanda en sentido “y”.*

| Desplazamiento del Metodo de los Coeficiente<br>ASCE 41-13 |       |       |       |
|------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| Años                                                       | dd    | du    | dy    |
| 43                                                         | 11,15 | 40,23 | 6,33  |
| 72                                                         | 13,50 | 40,23 | 6,33  |
| 475                                                        | 22,75 | 40,23 | 9,28  |
| 975                                                        | 29,86 | 40,23 | 10,55 |
| 1500                                                       | 34,68 | 40,23 | 11,15 |

De los resultados obtenidos de este análisis en función de las rótulas plásticas generadas en los puntos de agrietamientos aplicados en el **sentido “y”**, me indican que en su mayoría la estructura se encuentra en un límite de aceptación de **Ocupación Inmediata (IO)**, sin embargo, en los pisos 5,6 y 7 se evidenciaron rótulas plásticas en las vigas las cuales se encuentran en una zona próxima al **punto del colapso (CP)**, de manera que la estructura aún se encuentra estable, pero se tendrá que recurrir al refuerzo de dichos elementos estructurales (vigas) debido a que se puede generar un desplazamiento mayor a 40,23 cm lo cual ocasionaría el colapso total de los elementos estructurales.

De igual manera, los resultados obtenidos de este análisis en función de las rótulas plásticas generadas en los puntos de agrietamientos aplicados en el **sentido “x”**, me indican que en su mayoría la estructura se encuentra en un límite de aceptación de **Ocupación Inmediata (IO)**. Sin embargo, existe un número considerable de rótulas plásticas en los pisos

3 y 4 incursionando en el límite de aceptación **Ocupación Inmediata (IO)** de manera que están expuestas a incursionar al límite de aceptación **Línea de Seguridad (LS)** al generarse posibles desplazamientos superiores a 27,32 cm, de ser así la estructura aún sigue siendo estable, pero se tendrá que recurrir al refuerzo de elementos estructurales tales como columnas.

En base a los resultados obtenidos de este análisis puedo determinar que la edificación se encuentra en un estado de Vulnerabilidad Sísmica **medio**.

### 3.11 Análisis de Vulnerabilidad Sísmica Aplicando la Metodología Propuesta por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR)

El viernes 6 de agosto del 2021, aproximadamente a las 10 de la mañana acudí al sitio en donde se encuentra la edificación de estudio. Socialice mi tema de estudio con la persona encargada de la edificación, quien muy gentilmente me facilitó el acceso a todas las instalaciones de la edificación y a su vez me facilitó toda la información que requería.

Una vez levantada toda la información pertinente, procedí a procesarla y haciendo uso de la tabla 2 de la Metodología SNGR obtuve los siguientes resultados:

| METODOLOGÍA SNGR            |                                                                                          |                                 |    |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----|
| Sistema estructural         | Describe la tipología estructural predominante en la edificación                         | Hormigón armado                 | 0  |
|                             |                                                                                          | Estructura metálica             | 1  |
|                             |                                                                                          | Estructura de madera            | 1  |
|                             |                                                                                          | Estructura de caña              | 10 |
|                             |                                                                                          | Estructura de pared portable    | 5  |
|                             |                                                                                          | Mixta madera/hormigón           | 5  |
|                             |                                                                                          | Mixta metálica/hormigón         | 1  |
| Tipo de material en paredes | Describe el material predominante utilizado en las paredes divisorias de la edificación  | Pared de Ladrillo               | 1  |
|                             |                                                                                          | Pared de bloque                 | 1  |
|                             |                                                                                          | Pared de piedra                 | 10 |
|                             |                                                                                          | Pared de adobe                  | 10 |
|                             |                                                                                          | Pared de tapia/bahareque/madera | 5  |
| Tipo de cubierta            | Describe el tipo de material utilizado como sistema de cubierta de la edificación        | Cubierta metálica               | 5  |
|                             |                                                                                          | Losa de hormigón armado         | 0  |
|                             |                                                                                          | Vigas de madera y zinc          | 5  |
|                             |                                                                                          | Caña y zinc                     | 10 |
|                             |                                                                                          | Vigas de madera y teja          | 5  |
| Sistema de entresijos       | Describe el tipo de material utilizado para el sistema de pisos diferentes a la cubierta | Losa de hormigón armado         | 0  |
|                             |                                                                                          | Vigas y entramado madera        | 5  |
|                             |                                                                                          | Entramado madera/caña           | 10 |
|                             |                                                                                          | Entramado Metálico              | 1  |
|                             |                                                                                          | Entramado hormigón/metálico     | 1  |

|                                               |                                                                                                                         |                             |    |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----|
| Número de pisos                               | Se considera el número de pisos como una variable de vulnerabilidad, debido a que se altura incide en su comportamiento | 1 piso                      | 0  |
|                                               |                                                                                                                         | 2 pisos                     | 1  |
|                                               |                                                                                                                         | 3 pisos                     | 5  |
|                                               |                                                                                                                         | 4 pisos                     | 10 |
|                                               |                                                                                                                         | 5 pisos o mas               | 1  |
| Año de construcción                           | Permite tener una idea de la posible aplicación de criterios de diseño de defensa contra la amenaza                     | antes de 1970               | 10 |
|                                               |                                                                                                                         | entre 1971 y 1980           | 5  |
|                                               |                                                                                                                         | entre 1981 y 1990           | 1  |
|                                               |                                                                                                                         | entre 1991 y 2010           | 0  |
| Estado de conservación                        | El grado de deterioro influye en la vulnerabilidad de la edificación                                                    | Bueno                       | 0  |
|                                               |                                                                                                                         | Aceptable                   | 1  |
|                                               |                                                                                                                         | Regular                     | 5  |
|                                               |                                                                                                                         | Malo                        | 10 |
| Características del suelo bajo la edificación | El tipo de terreno influye en las características de vulnerabilidad física                                              | Firme, seco                 | 0  |
|                                               |                                                                                                                         | Inundable                   | 1  |
|                                               |                                                                                                                         | Ciénaga                     | 5  |
|                                               |                                                                                                                         | Húmedo, blando, relleno     | 10 |
| Topografía del sitio                          | La topografía del sitio de construcción de la edificación indica posibles debilidades frente a la amenaza               | A nivel, terreno plano      | 0  |
|                                               |                                                                                                                         | Bajo nivel calzada          | 5  |
|                                               |                                                                                                                         | Sobre nivel calzada         | 0  |
|                                               |                                                                                                                         | Escarpe positivo o negativo | 10 |
| Forma de la construcción                      | La presencia de irregularidad en la edificación genera vulnerabilidades                                                 | Regular                     | 0  |
|                                               |                                                                                                                         | Irregular                   | 5  |
|                                               |                                                                                                                         | Irregularidad severa        | 10 |

Con la información otorgada mediante la tabla 2 de la Metodología SNGR en función de la información levantada en el sitio, procedí a determinar el índice de vulnerabilidad para amenaza sísmica de la edificación haciendo uso de la tabla 3 de la Metodología SNGR, y obtuve los siguientes resultados:

| Variable                  | Valores posibles del indicador | Ponderación | Valor máximo |
|---------------------------|--------------------------------|-------------|--------------|
| Sistema estructural       | 0,1,5,10                       | 0,3         | 3            |
| Material de paredes       | 0,1,5,10                       | 0,6         | 6            |
| Tipo de cubierta          | 0,1,5,10                       | 0,5         | 5            |
| Tipo de entepiso          | 0,1,5,10                       | 0,5         | 5            |
| Número de pisos           | 0,1,5,10                       | 0,4         | 4            |
| Año de construcción       | 0,1,5,10                       | 0,25        | 2,5          |
| Estado de conservación    | 0,1,5,10                       | 0,5         | 5            |
| Características del suelo | 0,1,5,10                       | 0,2         | 2            |
| Topografía del sitio      | 0,1,5,10                       | 0,2         | 2            |
| Forma de construcción     | 0,1,5,10                       | 1,2         | 12           |
| Valor minimo = 0          |                                |             | 46,5         |

Con el valor del índice de vulnerabilidad para amenaza sísmica obtenido mediante las respectivas ponderaciones efectuadas en la tabla 3 de la Metodología SNGR procedí a determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de la edificación tomando como referencia los valores de la tabla 4 de la Metodología SNGR.

| <b>Nivel de vulnerabilidad</b> | <b>Puntaje</b>   |
|--------------------------------|------------------|
| Bajo                           | 0 a 33 puntos    |
| Medio                          | 34 a 66 puntos   |
| Alto                           | Más de 66 puntos |

En función del valor obtenido de índice de vulnerabilidad para amenaza sísmica, obtuve como resultado un nivel de vulnerabilidad sísmica medio.

Cabe recalcar que esta metodología de análisis de vulnerabilidad sísmica propuesta por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR) no considera el efecto producido por las edificaciones adyacentes.

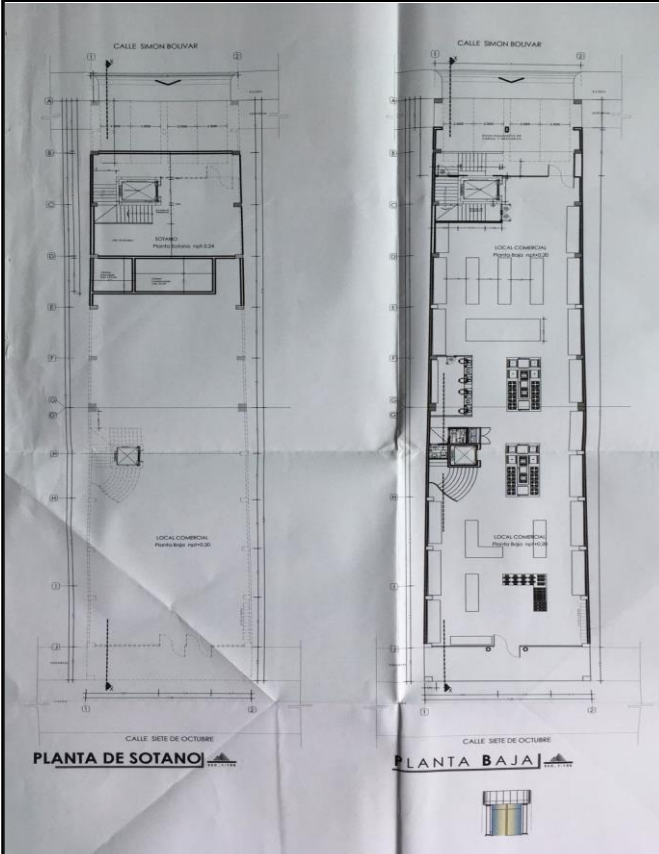
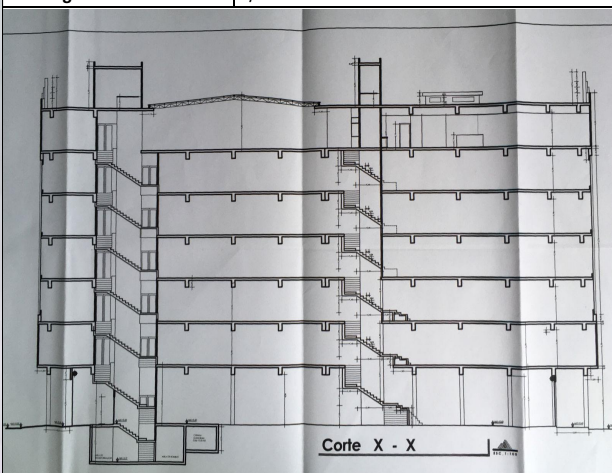
### **3.11.1 Análisis de Vulnerabilidad Sísmica aplicando la Metodología Propuesta en la Guía Práctica para Evaluación Sísmica y Rehabilitación de Estructuras, de Conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).**

Con la información levantada el mismo viernes 6 de agosto del 2021 procedí a utilizarla e implementarla en esta metodología ya que esta información me sirve para realizar el respectivo análisis de vulnerabilidad sísmica haciendo uso del Formulario NEC para Evaluación visual rápida de la Vulnerabilidad sísmica de edificaciones, obtuve los siguientes resultados:



## EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES

| DATOS DE LA EDIFICACIÓN    |                                                                                                             |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dirección:                 | Avenida 7 de Octubre entre Calle Décima Primera y Décima Segunda, junto al Sindicato de Choferes de Quevedo |
| Nombre de edificación:     | Importadora Castro                                                                                          |
| Sitio de Referencia:       | Centro de la Ciudad de Quevedo                                                                              |
| Tipo de uso:               | Comercial                                                                                                   |
| Fecha de la evaluación:    | 6/8/2021                                                                                                    |
| Año de construcción:       | 2016                                                                                                        |
| Año de remodelación:       | 2018                                                                                                        |
| Área construida:           | 5295,65 m <sup>2</sup>                                                                                      |
| Número de pisos o plantas: | 8                                                                                                           |
| DATOS DEL PROFESIONAL      |                                                                                                             |
| Nombre del evaluador:      | Anthony Josué Terán Ibarra                                                                                  |
| C.I:                       | 093206929-7                                                                                                 |
| Registro SENESCYT:         | N/A                                                                                                         |

## TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

|                                                  |     |                                                                    |    |                                                                      |    |
|--------------------------------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------|----|----------------------------------------------------------------------|----|
| Madera                                           | W1  | Pórtico de Hormigón Armado                                         | C1 | Pórtico de Acero Laminado                                            | S1 |
| Mampostería sin refuerzo                         | URM | Pórtico de Hormigón Armado con mampostería confinada reforzada     | C2 | Pórtico de Acero Laminado con diagonales                             | S2 |
| Mampostería reforzada                            | RM  | Pórtico de Hormigón Armado con mampostería confinada sin refuerzos | C3 | Pórtico de Acero Laminado con muros estructurales de Hormigón Armado | S4 |
| Mixta acero - hormigón o Mixta madera - hormigón | MX  | Hormigón Armado Prefabricado                                       | PC | Pórtico de Acero con paredes de 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 a 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 |

## REGULARIDAD 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 construido | 0 | -0,2 | -1  | -1,2 | -1,2 | -1  | -0,2 | -0,8 | -0,1 | -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 moderno (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    |

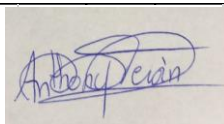
## TIPO DE SUELO

|                 |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 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"

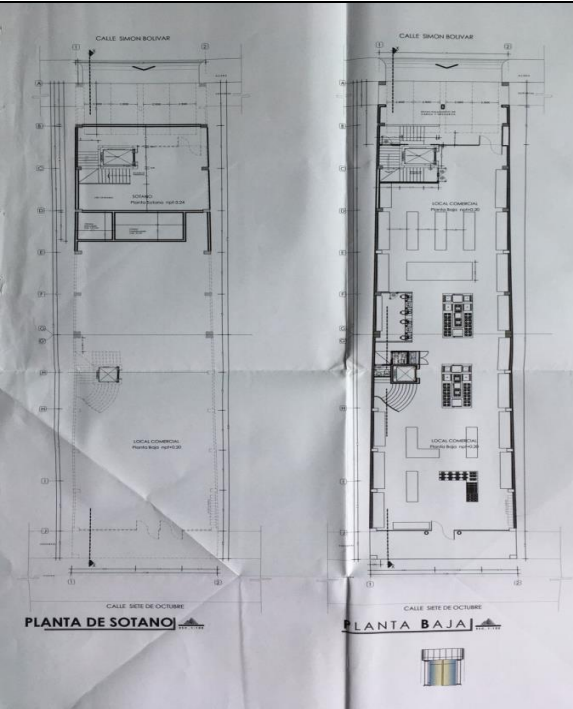
1,9

Con el puntaje final “s” procedo a determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de la edificación en función de los valores referenciales propuestos en este formulario, y el grado de vulnerabilidad sísmica de la edificación obtenido fue el siguiente:

| GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |     |  |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|
| S < 2.0                         | Alta Vulnerabilidad, requiere evaluación especial                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1,9 |                                                                                     |
| 2.0 > S < 2.5                   | Media Vulnerabilidad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |     |                                                                                     |
| S > 2.5                         | Baja Vulnerabilidad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |     |                                                                                     |
| OBSERVACIONES:                  | Anteriormente la edificación que existía era de 2 plantas, en el año 2016 aproximadamente en el mes de Agosto se dió inicio al proyecto para la construcción de la edificación con una proyección de 7 plantas. A medida que iba avanzando el proceso constructivo, el dueño decidió realizar una planta adicional a las 7 que ya se habían proyectado y fué entonces que en el mes de Octubre del año 2018 se presentó en el Departamento de Planeamiento Urbano del Municipio de Quevedo la solicitud para el aumento de la octava planta de esta edificación la cual actualmente tiene como ocupación vivienda. El terreno sobre el cual se encuentra construido el Edificación de la Importadora Castro tiene una dimensión aproximada de 13 m de frente por 54 m de fondo. |     |                                                                                     |

Como resultado de este análisis, obtuve un grado de vulnerabilidad sísmica **alto**, el cual a su vez me indica que la edificación en estudio requiere de una evaluación especial.

Al igual que la metodología empleada anteriormente (Metodología SNGR), la metodología propuesta en la guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la norma ecuatoriana de la construcción (NEC) tampoco considera el efecto producido por las edificaciones adyacentes. Sin embargo, esta metodología considera propiedades intrínsecas de la edificación en estudio, lo cual nos proporciona un resultado más preciso respecto a la metodología anteriormente aplicada.

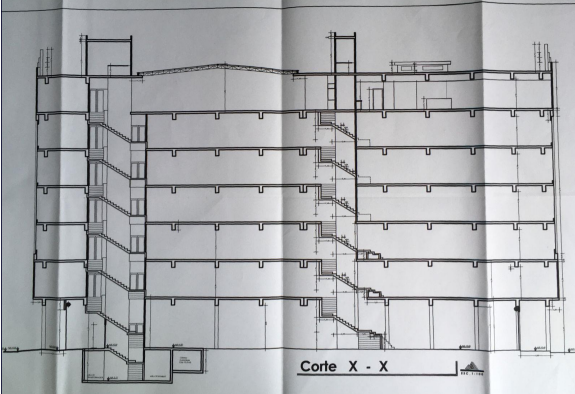
| Formulario NEC para Evaluación visual rápida de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      |                                |                                                                      |                                                                                                             |                         |                      |          |      |      |      |      |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------|----------|------|------|------|------|--|
| EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES                        |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      |                                |                                                                      |                                                                                                             |                         |                      |          |      |      |      |      |  |
|           |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      | <b>DATOS DE LA EDIFICACIÓN</b> |                                                                      |                                                                                                             |                         |                      |          |      |      |      |      |  |
|                                                                                            |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      | Dirección:                     |                                                                      | Avenida 7 de Octubre entre Calle Décima Primera y Décima Segunda, junto al Sindicato de Choferes de Quevedo |                         |                      |          |      |      |      |      |  |
|                                                                                            |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      | Nombre de edificación:         |                                                                      | Importadora Castro                                                                                          |                         |                      |          |      |      |      |      |  |
|                                                                                            |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      | Sitio de Referencia:           |                                                                      | Centro de la Ciudad de Quevedo                                                                              |                         |                      |          |      |      |      |      |  |
|                                                                                            |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      | Tipo de uso:                   |                                                                      | Comercial                                                                                                   | Fecha de la evaluación: |                      | 6/8/2021 |      |      |      |      |  |
|                                                                                            |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      | Año de construcción:           |                                                                      | 2016                                                                                                        |                         | Año de remodelación: |          | 2018 |      |      |      |  |
| Área construida:                                                                           |      | 5295,65 m <sup>2</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |      | Número de pisos o plantas:     |                                                                      | 8                                                                                                           |                         |                      |          |      |      |      |      |  |
| <b>DATOS DEL PROFESIONAL</b>                                                               |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      |                                |                                                                      |                                                                                                             |                         |                      |          |      |      |      |      |  |
| Nombre del evaluador:                                                                      |      | Anthony Josué Terán Ibarra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |      |                                |                                                                      |                                                                                                             |                         |                      |          |      |      |      |      |  |
| C.I.:                                                                                      |      | 093206929-7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |      |                                |                                                                      |                                                                                                             |                         |                      |          |      |      |      |      |  |
| Registro SENESCYT:                                                                         |      | N/A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |      |                                |                                                                      |                                                                                                             |                         |                      |          |      |      |      |      |  |
| <b>TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL</b>                                                   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      |                                |                                                                      |                                                                                                             |                         |                      |          |      |      |      |      |  |
| Madera                                                                                     | W1   | Pórtico de Hormigón Armado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |      | C1                             | Pórtico de Acero Laminado                                            |                                                                                                             | S1                      |                      |          |      |      |      |      |  |
| Mampostería sin refuerzo                                                                   | URM  | Pórtico de Hormigón Armado con mampostería confinada reforzada                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      | C2                             | Pórtico de Acero Laminado con diagonales                             |                                                                                                             | S2                      |                      |          |      |      |      |      |  |
| Mampostería reforzada                                                                      | RM   | Pórtico de Hormigón Armado con mampostería confinada sin refuerzos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      | C3                             | Pórtico de Acero Laminado con muros estructurales de Hormigón Armado |                                                                                                             | S4                      |                      |          |      |      |      |      |  |
| Mixta acero - hormigón o Mixta madera - hormigón                                           | MX   | Hormigón Armado Prefabricado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |      | PC                             | Pórtico de Acero con paredes de mampostería                          |                                                                                                             | S5                      |                      |          |      |      |      |      |  |
| <b>PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL "S"</b>                                 |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      |                                |                                                                      |                                                                                                             |                         |                      |          |      |      |      |      |  |
| 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  |  |
| <b>ALTURA DE LA EDIFICACIÓN</b>                                                            |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      |                                |                                                                      |                                                                                                             |                         |                      |          |      |      |      |      |  |
| Baja altura (menor a 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  |  |
| <b>REGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN</b>                                                       |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      |                                |                                                                      |                                                                                                             |                         |                      |          |      |      |      |      |  |
| 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 |  |
| <b>CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN</b>                                                           |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      |                                |                                                                      |                                                                                                             |                         |                      |          |      |      |      |      |  |
| Pre-código (construido antes de 1977) o auto construido                                    | 0    | -0,2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | -1   | -1,2                           | -1,2                                                                 | -1                                                                                                          | -0,2                    | -0,8                 | -0,1     | -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 moderno (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    |  |
| <b>TIPO DE SUELO</b>                                                                       |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      |                                |                                                                      |                                                                                                             |                         |                      |          |      |      |      |      |  |
| 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 |  |
| <b>PUNTAJE FINAL "S"</b>                                                                   |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      |                                |                                                                      |                                                                                                             |                         |                      |          |      |      |      |      |  |
| <b>GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA</b>                                                     |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      |                                |                                                                      |                                                                                                             |                         |                      |          |      |      |      |      |  |
| S < 2.0                                                                                    |      | Alta Vulnerabilidad, requiere evaluación especial                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |      |                                |                                                                      |                                                                                                             |                         | 1,9                  |          |      |      |      |      |  |
| 2.0 > S < 2.5                                                                              |      | Media Vulnerabilidad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |      |                                |                                                                      |                                                                                                             |                         |                      |          |      |      |      |      |  |
| S > 2.5                                                                                    |      | Baja Vulnerabilidad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |      |                                |                                                                      |                                                                                                             |                         |                      |          |      |      |      |      |  |
| OBSERVACIONES:                                                                             |      | Anteriormente la edificación que existía era de 2 plantas, en el año 2016 aproximadamente en el mes de Agosto se dió inicio al proyecto para la construcción de la edificación con una proyección de 7 plantas. A medida que iba avanzando el proceso constructivo, el dueño decidió realizar una planta adicional a las 7 que ya se habían proyectado y fué entonces que en el mes de Octubre del año 2018 se presentó en el Departamento de Planeamiento Urbano del Municipio de Quevedo la solicitud para el aumento de la octava planta de esta edificación la cual actualmente tiene como ocupación vivienda. El terreno sobre el cual se encuentra construido el Edificación de la Importadora Castro tiene una dimensión aproximada de 13 m de frente por 54 m de fondo. |      |                                |                                                                      |                                                                                                             |                         |                      |          |      |      |      |      |  |

### **3.12 Análisis de Vulnerabilidad Sísmica Aplicando el Método FEMA P-154**

De igual manera, la información levantada aquel viernes 6 de agosto del 2021 me ha sido de gran utilidad para realizar el análisis de vulnerabilidad sísmica de la edificación aplicando éstas 3 metodologías.

Debo mencionar que la metodología FEMA P-154 en su formulario de evaluación visual rápida evalúa la vulnerabilidad sísmica de la edificación considerando parámetros como el golpeteo potencial, riesgo de caída de más edificios altos adyacentes, riesgos geológicos, peligros no estructurales, etc.

Haciendo uso de la información levantada y utilizando el formulario de evaluación visual rápida FEMA P-154 del Nivel 1 (Alta Sismicidad) obtuve los siguientes resultados:

| FORMULARIO DE EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA FEMA P - 154                                                                              |  |           |                                                                                                                                   |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                              |                                                                                                                                   |                      |                     |      |                                       |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------|------|---------------------------------------|--|
| EXPLORACIÓN RÁPIDA VISUAL DE LOS EDIFICIOS PARA LOS POSIBLES RIESGOS SÍSMICOS<br>FEMA P - 154 FORMULARIO DE RECOLECCIÓN DE DATOS |  |           |                                                                                                                                   |                         | NIVEL 1<br>ALTA SISMICIDAD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                              |                                                                                                                                   |                      |                     |      |                                       |  |
|                                                |  |           |                                                                                                                                   |                         | Dirección:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                              | Avenida 7 de Octubre entre calle Décima Primera y calle Décima Segunda / A lado del edificio del Sindicato de Choferes de Quevedo |                      |                     |      |                                       |  |
|                                                                                                                                  |  |           |                                                                                                                                   |                         | Código Postal:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                              | EC120550                                                                                                                          |                      |                     |      |                                       |  |
|                                                                                                                                  |  |           |                                                                                                                                   |                         | Otra identificación:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                              | Clave Catastral: 1205010101045012 / 1205010101045014                                                                              |                      |                     |      |                                       |  |
|                                                                                                                                  |  |           |                                                                                                                                   |                         | Nombre del Edificio:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                              | IMPORTADORA CASTRO                                                                                                                |                      |                     |      |                                       |  |
|                                                                                                                                  |  |           |                                                                                                                                   |                         | Uso de la Edificación:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                              | Comercial                                                                                                                         |                      |                     |      |                                       |  |
|                                                                                                                                  |  |           |                                                                                                                                   |                         | Latitud:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                              | 1°01'44" S                                                                                                                        |                      | Longitud:           |      | 79°28'05" W                           |  |
|                                                                                                                                  |  |           |                                                                                                                                   |                         | Ss:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                              |                                                                                                                                   |                      | S1:                 |      |                                       |  |
|                                                                                                                                  |  |           |                                                                                                                                   |                         | Inspector:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                              | Anthony Josué Terán Ibarra                                                                                                        |                      | Fecha:              |      | 6/8/2021                              |  |
|                                                                                                                                  |  |           |                                                                                                                                   |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                              |                                                                                                                                   |                      | Hora:               |      | 10:00 a. m.                           |  |
|                                                                                                                                  |  |           |                                                                                                                                   |                         | Número de Pisos:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                              | 8                                                                                                                                 |                      | Niveles Superiores: |      | 7                                     |  |
| Superficie total del Suelo:                                                                                                      |  | 692,04 m2 |                                                                                                                                   | Código año:             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | NEC - 2015                                                   |                                                                                                                                   | Año de Construcción: |                     | 2016 |                                       |  |
| Adiciones:                                                                                                                       |  |           |                                                                                                                                   |                         | Fachada remodelada, revestida con aluminio, vidrio y láminas de alucobond                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                              |                                                                                                                                   |                      |                     |      |                                       |  |
| Ocupación:                                                                                                                       |  |           |                                                                                                                                   |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                              |                                                                                                                                   |                      |                     |      |                                       |  |
| Asamblea                                                                                                                         |  | Comercial |                                                                                                                                   | Servicio de Emergencia  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                              |                                                                                                                                   | Histórico            |                     |      |                                       |  |
| Industrial                                                                                                                       |  | Oficina   |                                                                                                                                   | Escuela                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                              |                                                                                                                                   | Albergue             |                     |      |                                       |  |
| Utilidad                                                                                                                         |  | Almacén   |                                                                                                                                   | Residencial, # unidades |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                              |                                                                                                                                   | Gobierno             |                     |      |                                       |  |
| FOTOGRAFÍA DE LA EDIFICACIÓN                                                                                                     |  |           |                                                                                                                                   |                         | Tipo de Suelo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                              |                                                                                                                                   |                      |                     |      |                                       |  |
|                                               |  |           |                                                                                                                                   |                         | A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                              | C                                                                                                                                 |                      | E                   |      | No sé                                 |  |
|                                                                                                                                  |  |           |                                                                                                                                   |                         | Roca Dura                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                              | Suelo Denso                                                                                                                       |                      | Suelo Blando        |      |                                       |  |
|                                                                                                                                  |  |           |                                                                                                                                   |                         | B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                              | D                                                                                                                                 |                      | F                   |      | Si, no sabe, asumir Tipo de Suelo "D" |  |
|                                                                                                                                  |  |           |                                                                                                                                   |                         | Roca Débil                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                              | Suelo Duro                                                                                                                        |                      | Suelo Pobre         |      |                                       |  |
| Riesgos Geológicos:                                                                                                              |  |           |                                                                                                                                   |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                              |                                                                                                                                   |                      |                     |      |                                       |  |
| Licuefacción                                                                                                                     |  |           | Rupturas en la Superficie                                                                                                         |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Deslizamientos                                               |                                                                                                                                   |                      |                     |      |                                       |  |
| Sí No No sé                                                                                                                      |  |           | Sí No sé No                                                                                                                       |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Sí No No sé                                                  |                                                                                                                                   |                      |                     |      |                                       |  |
| Adyacencia:                                                                                                                      |  |           | Golpeteo de las edificaciones adyacentes en ambos lados.                                                                          |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | No posee peligro de caída de edificios adyacentes más altos. |                                                                                                                                   |                      |                     |      |                                       |  |
| Irregularidad:                                                                                                                   |  |           | Irregularidad vertical, la altura de las columnas en la planta baja es superior a la altura de las columnas de las plantas altas. |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                              |                                                                                                                                   |                      |                     |      |                                       |  |
|                                                                                                                                  |  |           | Irregularidad en planta, aberturas en las losas de entrepiso en las áreas de las escaleras.                                       |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                              |                                                                                                                                   |                      |                     |      |                                       |  |
| Peligros:                                                                                                                        |  |           | Chimeneas sin soporte lateral                                                                                                     |                         | No                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                              | Revestimiento o enchapado de madera pesada                                                                                        |                      | No                  |      |                                       |  |
| Caída de elementos exteriores:                                                                                                   |  |           | Sí, caída del revestimiento de la fachada de la edificación (aluminio, vidrio y alucobond).                                       |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                              |                                                                                                                                   |                      |                     |      |                                       |  |
| COMENTARIOS:                                                                                                                     |  |           |                                                                                                                                   |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                              |                                                                                                                                   |                      |                     |      |                                       |  |
|                                                                                                                                  |  |           |                                                                                                                                   |                         | <p>Anteriormente la edificación que existía era de 2 plantas, en el año 2016 aproximadamente en el mes de Agosto se dió inicio al proyecto para la construcción de la edificación con una proyección de 7 plantas. A medida que iba avanzando el proceso constructivo, el dueño decidió realizar una planta adicional a las 7 que ya se habían proyectado y fué entonces que en el mes de Octubre del año 2018 se presentó en el Departamento de Planeamiento Urbano del Municipio de Quevedo la solicitud para el aumento de la octava planta de esta edificación la cual actualmente tiene como ocupación vivienda. El terreno sobre el cual se encuentra construido el Edificación de la Importadora Castro tiene una dimensión aproximada de 13 m de frente por 54 m de fondo.</p> |                                                              |                                                                                                                                   |                      |                     |      |                                       |  |
| BOSQUEJO DE LA EDIFICACIÓN                                                                                                       |  |           |                                                                                                                                   |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                              |                                                                                                                                   |                      |                     |      |                                       |  |



| NOTA DE BASE, MODIFICADORES Y ULTIMA PUNTUACION NIVEL 1, SL1                                                                   |      |      |      |          |         |         |           |           |          |         |           |          |      |          |          |      |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|----------|---------|---------|-----------|-----------|----------|---------|-----------|----------|------|----------|----------|------|------|
| Tipología del sistema estructural                                                                                              | W1   | W1A  | W2   | S1 (MRF) | S2 (BR) | S3 (LM) | S4 (RCSW) | S5 (URMN) | C1 (MRF) | C2 (SW) | C3 (URMI) | PC1 (TV) | PC2  | RM1 (FD) | RM2 (RD) | URM  | MH   |
| Puntaje básico                                                                                                                 | 3,6  | 3,2  | 2,9  | 2,1      | 2,0     | 2,6     | 2,0       | 1,7       | 1,5      | 2,0     | 1,2       | 1,6      | 1,4  | 1,7      | 1,7      | 1,0  | 1,5  |
| Irregularidad vertical grave, VL1                                                                                              | -1,2 | -1,2 | -1,2 | -1,0     | -1,0    | -1,1    | -1,0      | -0,8      | -0,9     | -1,0    | -0,7      | -1,0     | -0,9 | -0,9     | -0,9     | -0,7 | N/A  |
| Irregularidad vertical moderada, VL1                                                                                           | -0,7 | -0,7 | -0,7 | -0,6     | -0,6    | -0,7    | -0,6      | -0,5      | -0,5     | -0,6    | -0,4      | -0,6     | -0,5 | -0,5     | -0,5     | -0,4 | N/A  |
| Irregularidad de planta, PL1                                                                                                   | -1,1 | -1   | -1   | -0,8     | -0,7    | -0,9    | -0,7      | -0,6      | -0,6     | -0,8    | -0,5      | -0,7     | -0,6 | -0,7     | -0,7     | -0,4 | N/A  |
| Pre-Código                                                                                                                     | -1,1 | -1   | -0,9 | -0,6     | -0,6    | -0,8    | -0,6      | -0,2      | -0,4     | -0,7    | -0,1      | -0,5     | -0,3 | -0,5     | -0,5     | 0    | -0,1 |
| Posterior-año de Referencia                                                                                                    | 1,6  | 1,9  | 2,2  | 1,4      | 1,4     | 1,1     | 1,9       | N/A       | 1,9      | 2,1     | N/A       | 2,0      | 2,4  | 2,1      | 2,1      | N/A  | 1,2  |
| Suelo tipo A o B                                                                                                               | 0,1  | 0,3  | 0,5  | 0,4      | 0,6     | 0,1     | 0,6       | 0,5       | 0,4      | 0,5     | 0,3       | 0,6      | 0,4  | 0,5      | 0,5      | 0,3  | 0,3  |
| Suelo tipo E (1-3 pisos)                                                                                                       | 0,2  | 0,2  | 0,1  | -0,2     | -0,4    | 0,2     | -0,1      | -0,4      | 0        | 0       | -0,2      | -0,3     | -0,1 | -0,1     | -0,1     | -0,2 | -0,4 |
| suelo tipo E (>3 pisos)                                                                                                        | 0,3  | -0,6 | -0,9 | -0,6     | -0,6    | N/A     | -0,6      | -0,4      | -0,5     | -0,7    | -0,3      | N/A      | -0,4 | -0,5     | -0,6     | -0,2 | N/A  |
| Puntaje Mínimo "Smin"                                                                                                          | 1,1  | 0,9  | 0,7  | 0,5      | 0,5     | 0,6     | 0,5       | 0,5       | 0,3      | 0,3     | 0,3       | 0,2      | 0,2  | 0,3      | 0,3      | 0,2  | 1    |
| FINAL PUNTAJE NIVEL 1, SL1 >= Smin                                                                                             |      |      |      |          |         |         |           |           |          |         |           |          |      |          |          |      |      |
| 1,4                                                                                                                            |      |      |      |          |         |         |           |           |          |         |           |          |      |          |          |      |      |
| Cuando la información no puede ser verificada, se toma en cuenta lo siguiente: EST = Estimado o Datos fiables ó DNK: No lo sé. |      |      |      |          |         |         |           |           |          |         |           |          |      |          |          |      |      |

| Alcance de control                                                                    |                                             |                                             |                                | OTROS RIESGOS                                                                                       |  |  |  | ACCIÓN REQUERIDA                                                                                                                                            |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|
| Exterior:                                                                             | <input checked="" type="checkbox"/> Parcial | <input type="checkbox"/> Todos los lados    | <input type="checkbox"/> Aéreo | ¿Hay peligros que provocan una evaluación detallada estructural?                                    |  |  |  | Evaluación detallada estructural requerida?                                                                                                                 |  |  |  |
| Interior:                                                                             | <input type="checkbox"/> Ninguna            | <input checked="" type="checkbox"/> Visible |                                | <input checked="" type="checkbox"/> Golpeado potencial (a menos SL2 > Línea de corte si se conoce). |  |  |  | <input type="checkbox"/> Sí, tipo de edificio desconoce FEMA u otro edificio.                                                                               |  |  |  |
| Dibujo comentado:                                                                     | <input type="checkbox"/> Si                 | <input checked="" type="checkbox"/> No      |                                | <input type="checkbox"/> Riesgo de caída de más edificios altos adyacentes.                         |  |  |  | <input type="checkbox"/> Sí, el resultado da menos que el de corte.                                                                                         |  |  |  |
| Tipo de fuente de suelo:                                                              | N/A                                         |                                             |                                | <input type="checkbox"/> Riesgos Geológicos o Tipo de Suelo                                         |  |  |  | <input type="checkbox"/> Sí, se presentan otros peligros.                                                                                                   |  |  |  |
| Tipo de fuente de peligro geológico:                                                  | N/A                                         |                                             |                                | <input type="checkbox"/> Daños significativos / Deterioro al Sistema Estructural.                   |  |  |  | <input type="checkbox"/> No                                                                                                                                 |  |  |  |
| Persona de contacto:                                                                  | Arg. Milton Macías                          |                                             |                                |                                                                                                     |  |  |  | Evaluación detallada no estructural recomendada?                                                                                                            |  |  |  |
| INSPECCIÓN DE NIVEL 2 REALIZADA?                                                      |                                             |                                             |                                |                                                                                                     |  |  |  | Sí, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados.                                                                                        |  |  |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sí, Final de la puntuación del Nivel 2, SL2 = 0,3 |                                             |                                             |                                | <input type="checkbox"/> No                                                                         |  |  |  | <input checked="" type="checkbox"/> No, existen peligros no estructurales que pueden requerir la mitigación, sino una evaluación detallada no es necesaria. |  |  |  |
| Peligros No Estructurales:                                                            |                                             |                                             |                                | <input checked="" type="checkbox"/> Sí                                                              |  |  |  | <input type="checkbox"/> No                                                                                                                                 |  |  |  |

Los resultados arrojados mediante el formulario FEMA P-154 de Nivel 1 nos da una ponderación de 1,4, este resultado lo procedí a comparar con la siguiente tabla de valores referenciales para determinar la vulnerabilidad sísmica de la edificación:

| Interpretación de los resultados (comportamiento esperado de las construcciones) |                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>S&lt;0.3</b>                                                                  | Alta probabilidad de tener daño de grado 5 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 4 |
| <b>0.3&lt;S&lt;0.7</b>                                                           | Alta probabilidad de tener daño de grado 4 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 3 |
| <b>0.7&lt;S&lt;2.0</b>                                                           | Alta probabilidad de tener daño de grado 3 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 2 |
| <b>2.0&lt;S&lt;3.0</b>                                                           | Alta probabilidad de tener daño de grado 2 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 1 |
| <b>S&gt;3.0</b>                                                                  | Probabilidad de tener daño de grado 1                                                       |

Como podemos apreciar en la tabla, según el valor que obtuve en el Formulario FEMA P-154 de Nivel 1, la edificación posee una **alta probabilidad de tener daño de grado 3 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 2**, ya que el valor de 1,4 se encuentra dentro del rango **0,7 < S < 2,0**.

Dentro de esta misma metodología existe un segundo formulario denominado Formulario FEMA P-154 de Nivel 2 Alta Sismicidad el cual es opcional, sin embargo, para mi tema de estudio lo he considerado para determinar y obtener un valor más ajustado de la vulnerabilidad sísmica de la edificación.

Este formulario se basa en los siguientes parámetros y es el siguiente:

| Exploración rápida visual de los edificios de posibles riesgos sísmicos.                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                  | Nivel 2 (Opcional)                                                                                                                                                                                                              |                                                      |                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------|
| FEMA P-154 Formulario de Recolección de Datos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                  | Alta Sismicidad                                                                                                                                                                                                                 |                                                      |                                |
| La recopilación de datos de nivel 2 opcional al ser realizado por un profesional de la ingeniería civil o estructural, un arquitecto o un estudiante graduado con experiencia en la evaluación y el diseño de edificios sísmicos.                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                      |                                |
| Nombre del edificio: Importadora Castro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Puntaje Final Nivel 1: $S_{11} = 1,4$                                                                                                                                                                            | (No se considera $S_{min}$ )                                                                                                                                                                                                    |                                                      |                                |
| Inspector: Anthony Josué Terán Ibarra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Modificadores de Irregularidad Nivel 1:                                                                                                                                                                          | Irregularidad Vertical = -0,9                                                                                                                                                                                                   | Irregularidad planta = -0,6                          |                                |
| Fecha / Hora: 06-08-2021 / 10:00 am                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | PUNTAJE BASE AJUSTADO:                                                                                                                                                                                           | $S' = (S_{11} - V_{11} - P_{11}) = (1,4 - (-0,9) - (-0,6)) = 2,9$                                                                                                                                                               |                                                      |                                |
| MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA AGREGAR A LA PUNTUACIÓN DE REFERENCIA AJUSTADA                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                      |                                |
| Tema                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Declaración (Si la declaración es verdad, encierre el modificador en un círculo el "Si", sino tachar el modificador)                                                                                             | Si                                                                                                                                                                                                                              | Subtotales                                           |                                |
| Irregularidad Vertical VL2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Pendiente en sitio                                                                                                                                                                                               | Edificio W1: Hay por lo menos un completo cambio de grado de piso desde el lado del edificio al otro.                                                                                                                           | -1,2                                                 | $V_{12} = -1$<br>(Cap at -1,2) |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Piso débil y/o blando (máximo encierre en un círculo)                                                                                                                                                            | No edificio W1: Hay por lo menos un completo cambio de grado de piso desde el lado del edificio al otro.                                                                                                                        | -0,3                                                 |                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                  | Edificio W1 pared baja: Una pared baja sin refuerzo es visible en el espacio de rastreo.                                                                                                                                        | -0,6                                                 |                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                  | W1 casa de garaje: Debajo de un piso que ocupa, hay una apertura de garaje sin un marco de acero o de momento hay menos de 20 cm de pared en la misma línea (para múltiples pisos ocupados anteriormente, utilizar 40 cm mín.). | -1,2                                                 |                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                  | W1 un edificio abierto de frente: Hay aberturas en el suelo de los pisos (como para el estacionamiento) en por los menos 50% de la longitud del edificio.                                                                       | -1,2                                                 |                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                  | No edificio W1: Longitud del sistema lateral en cualquier piso es menor que el 50% del piso superior o la altura de cualquier piso es más de 2 veces la altura del piso superior.                                               | -0,9                                                 |                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                  | No edificio W1: Longitud del sistema lateral en cualquier piso es entre el 50% y 75% de los del piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1,3 y 2,0 veces la altura del piso superior.                               | -0,5                                                 |                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Caídas                                                                                                                                                                                                           | Elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están por fuera de los del piso de abajo haciendo el desplazamiento en el diafragma a voladizo.                                                                    | -1,0                                                 |                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                  | Elementos verticales del sistema lateral en plantas superiores están por dentro de los que están en pisos inferiores.                                                                                                           | -0,5                                                 |                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                  | Hay un desplazamiento de los elementos laterales que es mayor que la longitud de los elementos en el plano.                                                                                                                     | -0,3                                                 |                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Columna corta                                                                                                                                                                                                    | C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Al menos 20% de columnas o pilares a lo largo del eje de la columna en el sistema lateral tiene relaciones altura/ancho de menos del 50% de la relación altura/ancho nominal a ese nivel.       | -0,5                                                 |                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                  | C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: El ancho de la columna o pilar es menos de la mitad del ancho de la junta o hay paredes adyacentes o suelos de relleno que acortan la columna.                                                  | -0,5                                                 |                                |
| Dividido                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Hay un nivel de división en uno de los niveles de piso o en el techo.                                                                                                                                            | -0,5                                                                                                                                                                                                                            |                                                      |                                |
| Otra irregularidad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Hay otra irregularidad vertical grave observable que obviamente afecta el comportamiento sísmico del edificio.                                                                                                   | -1,0                                                                                                                                                                                                                            |                                                      |                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Hay otra irregularidad vertical moderada observable que pueda afectar el comportamiento sísmico del edificio.                                                                                                    | -0,5                                                                                                                                                                                                                            |                                                      |                                |
| Irregularidad Planta PL2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Sistema lateral no aparece relativamente bien distribuida en planta en cualquiera o ambas direcciones. (No incluya la irregularidad frente abierto W1A enumerados anteriormente).                                | -0,7                                                                                                                                                                                                                            | $P_{12} = -0,2$<br>(Cap at -1,2)                     |                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Sistema no paralelo: Hay uno o más principales elementos verticales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.                                                                                         | -0,4                                                                                                                                                                                                                            |                                                      |                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Esquina reentrante: Ambas proyecciones, desde la esquina interior superen el 25% de la dimensión global del plan en esa dirección.                                                                               | -0,4                                                                                                                                                                                                                            |                                                      |                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Abertura del diafragma: Hay una abertura en el diafragma con un ancho de más del 50% del total al ancho de diafragma en ese nivel.                                                                               | -0,2                                                                                                                                                                                                                            |                                                      |                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Edificio C1, C2 desplazado fuera del plano: Las vigas exteriores no se alinean con las columnas en el plano.                                                                                                     | -0,4                                                                                                                                                                                                                            |                                                      |                                |
| Otra irregularidad:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Hay otra irregularidad plana observable que obviamente afecta al comportamiento sísmico del edificio.                                                                                                            | -0,7                                                                                                                                                                                                                            |                                                      |                                |
| Exceso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | El edificio tiene al menos dos tramos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.                                                                                                        | 0,3                                                                                                                                                                                                                             |                                                      |                                |
| Golpeando                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | El edificio se separa de una estructura adyacente en menos del 1% de la altura de la más corta del edificio y estructura adyacente y:                                                                            | Las plantas no se alinean verticalmente dentro de 60 cm.                                                                                                                                                                        | (Capacidad total del golpeo - Modificadores de -1,2) | -1,0                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Un edificio es de 2 o más pisos más alto que el otro.                                                                                                                                                            | El edificio se encuentra al final del bloque.                                                                                                                                                                                   | -1,0                                                 |                                |
| Edificio S2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | "K" geometría de arriostamientos es visible.                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                 | -1,0                                                 |                                |
| Edificio C1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Placa plana sirve como la viga en el marco de momento.                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                 | -0,4                                                 |                                |
| Edificio PC1 / RM1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Existen amarres de techo a pared que sean visibles o conocidos a partir de dibujos que no se basen en la flexión de vigas cruzadas (No los combine con un modificador de retroadaptación o punto de referencia). |                                                                                                                                                                                                                                 | 0,3                                                  |                                |
| Edificio PC1 / RM1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | El edificio tiene espacios estrechos, alturas llenas de las paredes interiores (en lugar de un espacio interior con algunas paredes interiores como en un almacén).                                              |                                                                                                                                                                                                                                 | 0,3                                                  |                                |
| URM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Gabletes de paredes están presentes.                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                 | -0,4                                                 |                                |
| MH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Hay un sistema de soporte sísmico suplementario proporcionado entre el carro y el suelo.                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                 | 1,2                                                  |                                |
| Reequipamiento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Reforzamiento sísmico integral es visible o conocido a partir de dibujos.                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                 | 1,4                                                  |                                |
| PUNTUACIÓN FINAL NIVEL 2, $S_{12} = (S' + V_{12} + P_{12} + M) \geq S_{min} = (2,9 + (-1) + (-0,2) + (-1,4)) = 0,3$ (Traslado al formato del Nivel 1)                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                      |                                |
| Hay un daño o deterioro observable u otra condición que afecte negativamente al comportamiento sísmico de la edificación: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                      |                                |
| En caso afirmativo, describir la condición en el cuadro de comentarios a continuación e indicar en el formulario de Nivel 1 que la evaluación detallada se requiere anotar independiente.                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                      |                                |
| PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                      |                                |
| Ubicación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Declaración (Marque "Si" o "No")                                                                                                                                                                                 | Si                                                                                                                                                                                                                              | No                                                   | Comentario                     |
| Exterior                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Hay un parapeto de mampostería no reforzada o chimenea de mampostería no reforzada.                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                 | X                                                    |                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Hay revestimiento pesado o enchapado pesado.                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                 | X                                                    |                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Hay una gran cubierta sobre las puertas de salida o pasarelas de peatones que parece apoyado adecuadamente.                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                 | X                                                    |                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Hay un accesorio de mampostería no reforzada sobre las puertas de salida o zonas peatonales.                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                 | X                                                    |                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Hay un letrero en el edificio que indica los materiales peligrosos que están presentes.                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                 | X                                                    |                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Hay un edificio URM adyacente más alto con una pared no anclada o parapeto URM no arriostrado o chimenea.                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                 | X                                                    |                                |
| Interior                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Otros riesgos de caída exterior no estructural observado.                                                                                                                                                        | X                                                                                                                                                                                                                               |                                                      | Aluminio y Vidrio              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Hay teja de barro o ladrillo hueco, particiones en cualquier escalera o salida de pasillos.                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                 | X                                                    |                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Otros peligros no estructurales interiores que pueden colapsar observados.                                                                                                                                       | X                                                                                                                                                                                                                               |                                                      | Lámparas colgantes             |
| Rendimiento sísmico estimado para no estructural (Marque la casilla apropiada y traslade la información al Formulario de Nivel 1 en la casilla de conclusiones)                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                      |                                |
| <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Peligros no estructurales potenciales con amenaza significativa para la seguridad de la vida del inquilino - Detallado no estructural evaluación recomendada.                                                    |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                      |                                |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Peligros no estructurales identificados con amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes - Detallado no estructural evaluación necesaria.                                                 |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                      |                                |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Baja o ninguna amenaza de peligro estructural de seguridad de la vida del ocupante - Detallado no estructural. No se requiere evaluación.                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                      |                                |
| Comentarios:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                      |                                |
| Dentro los peligros no estructurales identificados mediante la inspección encontramos lámparas colgantes con candelabros de tamaños y pesos considerables en el interior de la edificación, así como también el revestimiento de la fachada de la edificación en su exterior, todo esto atenta contra la vida de las personas al momento de un sismo o terremoto. |                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                      |                                |

El resulta obtenido de este Formulario Nivel 2 fue una ponderación de 0,3, dicho valor lo obtuve tomando en consideración todos los parámetros tipificados en este formulario los cuales se basan en parámetros ya evaluados en el Formulario Nivel 1 y en parámetros más específicos de la edificación, con los cuales realizando operaciones algebraicas llegué a obtener este valor de 0,3 el cual fue muy ajustado.

| Interpretación de los resultados (comportamiento esperado de las construcciones) |                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| $S < 0.3$                                                                        | Alta probabilidad de tener daño de grado 5 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 4 |
| $0.3 < S < 0.7$                                                                  | Alta probabilidad de tener daño de grado 4 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 3 |
| $0.7 < S < 2.0$                                                                  | Alta probabilidad de tener daño de grado 3 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 2 |
| $2.0 < S < 3.0$                                                                  | Alta probabilidad de tener daño de grado 2 y muy alta probabilidad de tener daño de grado 1 |
| $S > 3.0$                                                                        | Probabilidad de tener daño de grado 1                                                       |

Realizando la respectiva comparación con la tabla de valores referenciales pude determinar que, la edificación una vez más presenta una alta probabilidad de tener daños, pero esta vez **los daños son de grado 5 y a su vez posee una muy alta probabilidad de tener daño de grado 4.**



## CAPÍTULO IV

### Resultados

#### 4.1 Observaciones Finales del Análisis no Lineal Estático (Pushover)

- Se observa que la curva de capacidad no es convexa, esto se debe a que los muros que se encuentran ubicados en la parte central de la edificación aportan inercia al momento en que el edificio sufra una deflexión.
- Realizando el análisis tanto en el sentido X como el sentido Y se debe considerar la dirección del sismo más crítica, el cual en este caso es la cara más larga de la edificación, debido a la poca inercia existente en este sentido, por lo tanto, se ve reflejado el poco desempeño en el sentido X.
- Se debe realizar un reforzamiento apropiado y utilizar el nuevo factor de amortiguamiento sísmico “R”, ya que el valor que nos ofrece la NEC-15 es un valor general según el sitio en el que se encuentre la estructura.

#### 4.2 Resultado de la Comparación de Datos Obtenidos en los Análisis Efectuados

Realizando la comparación de los resultados obtenidos mediante las diferentes metodologías aplicadas para determinar la vulnerabilidad sísmica de la edificación en estudio, obtuve lo siguiente:

- Los resultados obtenidos para la metodología Fema P-154, tiene valores similares a los obtenidos aplicando la metodología de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) ya que, en ambos resultados, catalogan a la edificación de estudio con un **alto grado de vulnerabilidad sísmica** y con la necesidad de aplicar un estudio más detallado para la correcta estimación de la vulnerabilidad sísmica. Esto debido principalmente a que el modificador (código de construcción), afecta en gran medida los resultados. La edificación evaluada se construyó en años anteriores a la creación de códigos de construcción en el Ecuador, por lo cual se presentan dichos resultados.

- Por otro lado, la metodología SNGR, considera que la edificación de estudio posee una vulnerabilidad sísmica **media**. Dicho resultado es completamente opuesto a los resultados obtenidos de las demás metodologías aplicadas, ya que, en estas la edificación de estudio presenta alta vulnerabilidad sísmica y sugieren un estudio más detallado de la misma. Se considera esta variación, debido a que es una metodología más flexible en lo referente a análisis estructural, ya que por ejemplo no considera irregularidades en planta o elevación como modificador del índice de vulnerabilidad, simplemente considera un modificador de índice de vulnerabilidad referente a la forma de la construcción o edificación.

### 4.3 Evaluación del Riesgo de Construir Edificaciones Contiguas

De la comparación realizada en base a los resultados obtenidos de las 3 diferentes metodologías aplicadas, se evidenció claramente que en los resultados de los 3 análisis aplicados, éstos oscilan en una ponderación de la vulnerabilidad sísmica de media a alta, mencionando y haciendo énfasis en que 2 de las 3 metodologías aplicadas no consideran la adyacencia de edificaciones en el análisis de la determinación de la vulnerabilidad sísmica, sin embargo, al no considerar este factor como un modificador de índice de vulnerabilidad sísmica en el análisis o evaluación de la edificación para determinar la vulnerabilidad sísmica de la misma, aun así los resultados obtenidos de una de estas 2 metodologías es un nivel de vulnerabilidad sísmica **medio** y de la otra metodología el resultado obtenido es un grado de vulnerabilidad sísmica **alto**.

Por consiguiente, puedo concluir que, construir edificaciones contiguas aumenta el riesgo de colapso y por ende la vulnerabilidad sísmica tanto de la edificación a construirse como la de las edificaciones adyacentes ya construidas.

### 4.4 Determinación de la Importancia del Uso de Juntas Sísmicas

Si bien es cierto, cada edificación sufrirá un desplazamiento lateral a lo largo de su eje vertical conocido como deriva de entrepiso al momento de presentarse un evento sísmico, por ende, al no existir un espaciamiento entre las edificaciones adyacentes, éstas se

golpearán entre sí generando un fenómeno de golpeteo que también es conocido como “pounding” en el idioma inglés. Este fenómeno de golpeteo que se genera al momento de producirse un evento sísmico puede ocasionar el colapso de la estructura y también de las estructuras adyacentes. Adicional al posible fenómeno de golpeteo, también es muy probable que se genere el famoso fenómeno de columna corta al tener edificaciones adyacentes con losas no alineadas, ya que al no existir alineación en los entrepisos estos provocarán la restricción del desplazamiento de los elementos estructurales verticales (columnas).

Por tales razones, se puede determinar que es de gran importancia el uso de juntas sísmicas al momento de construir edificaciones junto a edificaciones adyacentes, ya que la finalidad de éstas es evitar el contacto con las edificaciones adyacentes al momento de producirse las derivas de entrepiso, la misma que deberá ser calculada en función de la deriva de entrepiso que se genera en la última planta de la edificación, ya que es aquí en donde la estructura desempeñará o alcanzará su máximo desplazamiento horizontal.

## CAPÍTULO V

### Conclusiones y Recomendaciones

Con los resultados obtenidos de la presente investigación, tanto del análisis estructural de la edificación mediante el uso del software ETABS como de los análisis visuales efectuados, puedo concluir que toda estructura de ingeniería civil, ya sea esta un puente, una edificación, una carretera, una represa, etc., siempre estará expuesta al peligro latente de los sismos, aunque éstas sean construidas con los códigos y normativas de construcción actuales y vigentes los cuales se basan en los estudios realizados en función de la ingeniería sísmica y el diseño sismorresistente, por tal razón es evidente e importante diseñar y construir estructuras sismo resistentes con la finalidad primordial de salvaguardar las vidas humanas tanto de las personas que ocuparán la estructura como la de las personas que se encuentren fuera de ella. También debemos recordar que el concepto de ingeniería civil se caracteriza por diseñar y construir estructuras que deben ser primordialmente seguras, funcionales y económicas.

Basándome en mi tema de estudio y en los resultados obtenidos de los análisis efectuados concluyo que es de vital importancia, a más de diseñar y construir edificaciones sismo resistentes, tomar en consideración las causas y los efectos que pueden producir las edificaciones adyacentes al momento de producirse un sismo, debido a que éstas se desplazarán lateralmente al momento de producirse un sismo con lo cual se generará el fenómeno de golpeteo o también conocido como “pounding” el cual puede provocar el colapso inmediato de las estructuras adyacentes, de igual forma en el caso de tener edificaciones adyacentes con losas no alineadas, esto inducirá a restringir el desplazamiento de las columnas colindantes de los niveles superiores produciendo el fenómeno de columna corta el cual también es causante del colapso de las estructuras ante eventos sísmicos.

Por tal motivo recomiendo el uso de juntas sísmicas en todos los procesos constructivos de edificaciones en donde se presenten edificaciones contiguas, ya sean estas con losas

alineadas o no alineadas, con la finalidad de dejar una separación o abertura prudente entre las edificaciones colindantes para evitar el golpeteo entre ellas al momento de generarse las derivas de entre piso producidas a causa de la vibración generada por las ondas sísmicas de un evento sismo.

## Bibliografía

- Alvarez Sanchez, J. J., & Pulgar Santacruz, X. O. (2019). *Análisis de vulnerabilidad sísmica de los módulos escolares públicos en el distrito de Villa María del Triunfo mediante el método Índice de vulnerabilidad (Fema p-154) y su validación mediante cálculo de distorsiones laterales*. 0–172.
- Barbat, A., Oller, S., & Vielma, J. (2005). *Cálculo y diseño sismorresistente de edificios. Aplicación de la norma NCSE-02*. <https://doi.org/10.13140/2.1.4142.6244>
- Bergman, J. (2016). *Tierra*.  
[https://www.windows2universe.org/?page=/earth/geology/quake\\_4.html&lang=sp&e](https://www.windows2universe.org/?page=/earth/geology/quake_4.html&lang=sp&e)
- Bozzo Rotondo, L. M., & Harbat, A. H. (2014). *Diseño sismorresistente de edificios :técnicas convencionales y avanzadas* (Issue sp). :Reverté(imp. 2014).
- Buñay, L. G., & Tenelema, F. A. (2014). Universidad Nacional De Chimborazo. In *Obtencion de mapas del indice de vulnerabilidad sismica de las viviendas construidas en el barrio La Libertad de la ciudad de Riobamba*.  
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/677%0Ahttp://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>
- FEMA P-154. (2015). *Rapid Visual Screening of Buildings for Seismic Hazards: A Handbook* (3 ed.). (Federal Emergency Managment Agency (ed.); 3 ed.). Federal Emergency Management Agency.
- Ludeña Guaicha, G. F. (2017). *Estudio de vulnerabilidad sísmica del Colegio 9 de Octubre aplicando la Norma Ecuatoriana de Construcción mediante metodología FEMA 154*. UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA.
- MIDUVI, & SGR. (2016). Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015. In *Norma Ecuatoriana de la Construcción* (Vol. 5).
- NEC-SE-DS. (2015). Cargas Sísmicas Diseño Sismo Resistente. In *Norma Ecuatoriana de la Construcción*.  
<http://www.indec.gov.pe/proyecto58530/objetos/archivos/20110606102841.pdf%0Ahttp://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-Sísmico-parte-1.pdf> (in spanish)
- NEC. (2015). Riesgo Sísmico, Evaluación, Rehabilitación de Estructuras. In *Dirección de Comunicación Social, MIDUVI*. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-RE-Riesgo-sísmico.pdf>
- Osorio, D. (2017). *Evaluación y diseño para la rehabilitación de la vivienda del Sr. Walter Santos en la parroquia Pedernales*. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14551>
- Ruff L. J. (1996). Large earthquakes in subduction zones, segment interaction and

- recurrence times. In: Bebout, G. E., Scholl, D. W., Kirby, S. H. Platt, J. P. (Eds). Subduction top to bottom. *Geophysical Monograph*, 96, 91–104.
- SNGR y otros. (2011). *Propuesta Metodológica para el análisis de vulnerabilidad en función de amenazas a nivel municipal* (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos & Programa de las Naciones Unidas Ecuador para el Desarrollo (eds.)).  
<https://biblioteca.gestionderiesgos.gob.ec:8443/files/original/c4620f0705eae9f57bd96f6928e83a20.pdf>
- Swenson, J. L., & Beck, S. L. (1999). Source Characteristics of the 12 November 1996 Mw 7.7 Peru Subduction Zone Earthquake. *Pure and Applied Geophysics*, 154(3), 731–751. <https://doi.org/10.1007/s000240050250>
- Tibaldi A., & León J. (2000). Morphometry of late Pleistocene-Holocene faulting and volcanotectonic relationship in the southern Andes of Colombia. *Tectonics*, 10, 358–377.
- Toulkeridis T. (2009). Geodinámica y Vulcanología del Ecuador (Continental e Insular) Amenazas, Vulnerabilidad y Riesgos. *Encuentro Internacional Sobre Gestión Del Riesgo Natural Con Énfasis En El Sector Eléctrico*.
- Véliz Indacochea, C. F. (2018). *Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Edificios de Hormigón Armado: Aplicación al Área Urbana del Centro Histórico de la Ciudad de Portoviejo*.
- Yépez Moya, F., Barbat Barbat, A., & Canas Torres, J. (1996). Simulación de escenarios de daño sísmico en zonas urbanas. *Revista Internacional de Métodos Numéricos Para Cálculo y Diseño En Ingeniería*, 12(3), 331–358.  
<https://upcommons.upc.edu/handle/2099/7823>
- Zapata Martí, R., Caballeros, R., Jarquín, E., Perfit, J., & Mora, S. (2000). La reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres. In *Enfrentando Desastres Naturales: Una Cuestión del Desarrollo*.  
<http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc12961/doc12961-contenido.pdf>

## Anexos

### Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico según la NEC-2015

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

Los parámetros utilizados en la clasificación son los correspondientes a los 30 m superiores del perfil para los perfiles tipo A, B, C, D y E. Aquellos perfiles que tengan estratos claramente diferenciados deben subdividirse, asignándoles un subíndice i que va desde 1 en la superficie, hasta n en la parte inferior de los 30 m superiores del perfil.

Para el perfil tipo F se aplican otros criterios, como los expuestos en la sección 10.5.4 de la NEC y la respuesta no debe limitarse a los 30 m superiores del perfil en los casos de perfiles con espesor de suelo significativo



*FOTOGRAFÍA # 1 Fotografía del terreno en el año 2015*



*FOTOGRAFÍA # 2 Fotografía de la Avenida 7 de octubre en el año 2015*



FOTOGRAFÍA # 3 Fotografía de la Avenida 7 de octubre en el año 2021





FOTOGRAFÍA # 4 Fotografía de la fachada de la edificación en la Avenida 7 de Octubre



FOTOGRAFÍA # 5 Fotografía de la fachada de la edificación en la Calle Simón Bolívar

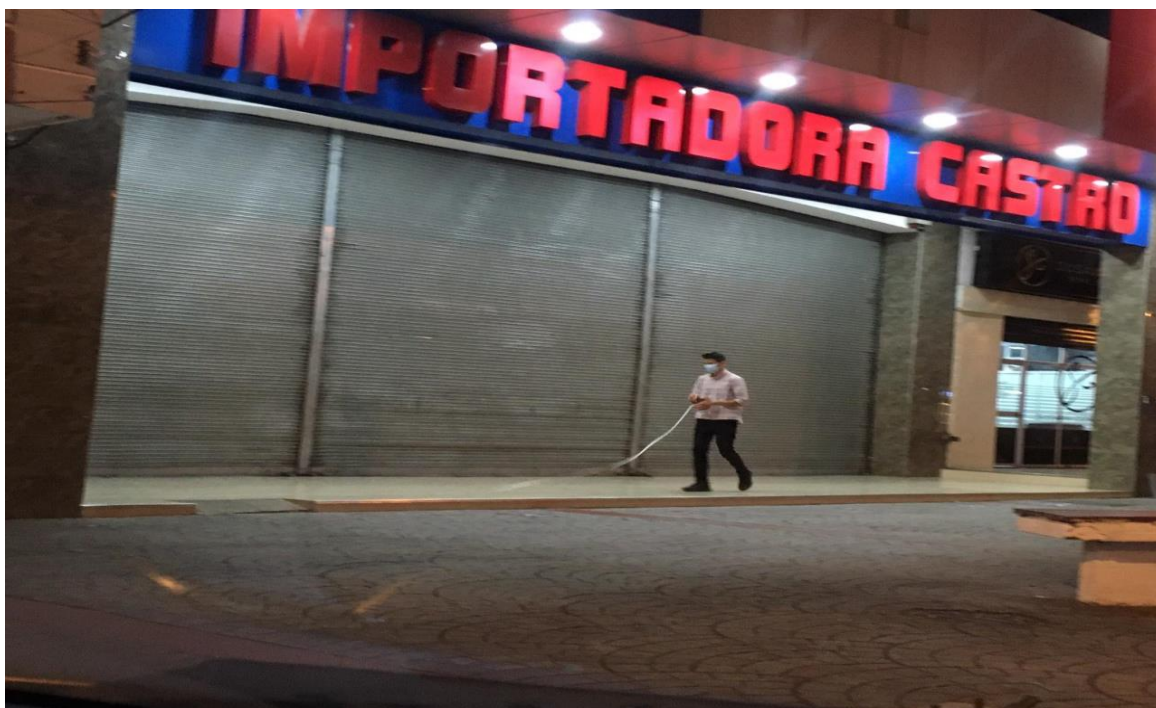




FOTOGRAFÍA # 6 Fotografía de toma de medidas del frente en la Avenida 7 de Octubre



FOTOGRAFÍA # 7 Fotografía de toma de medidas del frente de la edificación



*FOTOGRAFÍA # 8 Fotografía toma de medidas de ancho de la acera*

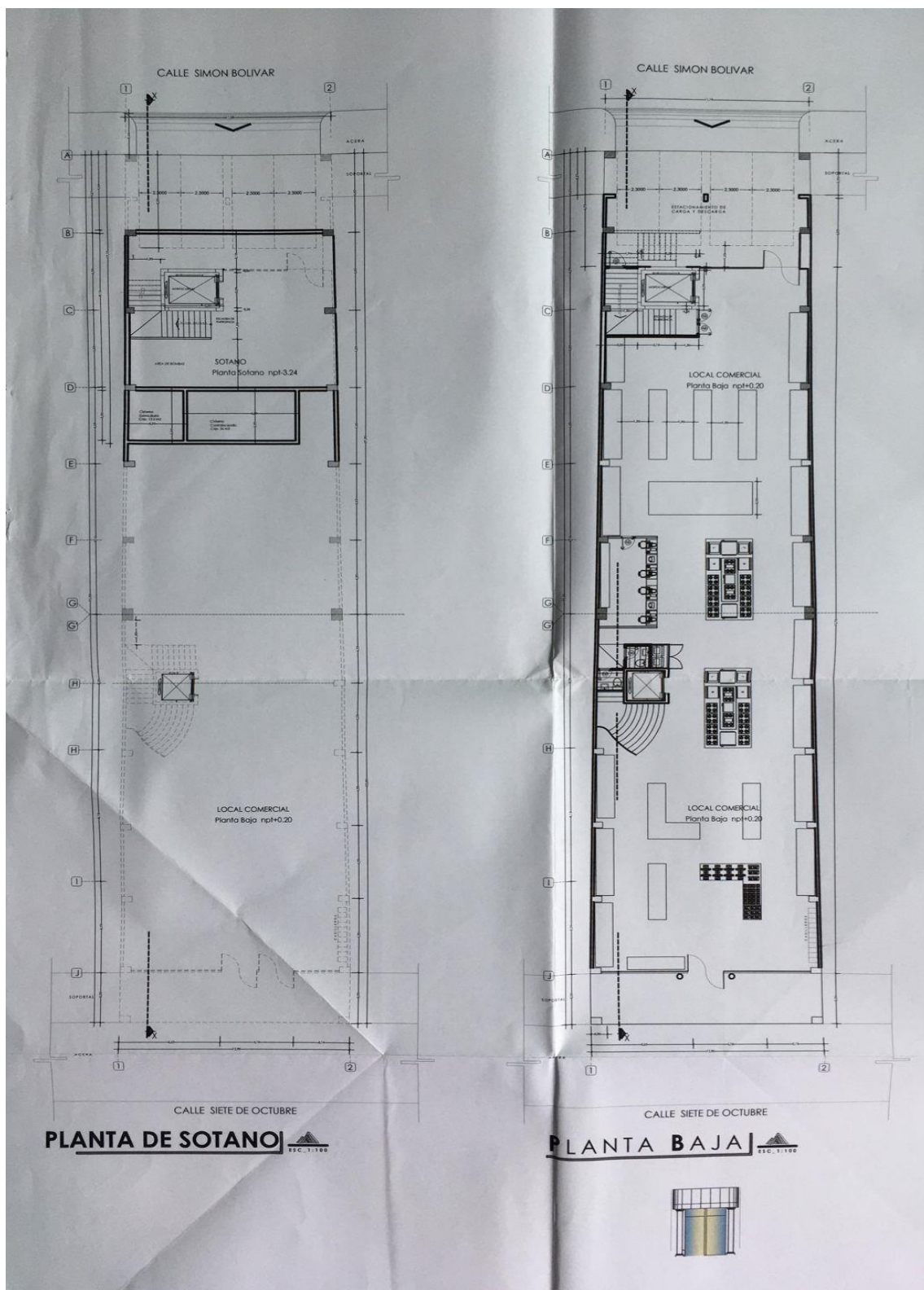


*FOTOGRAFÍA # 9 Fotografía toma de medidas de anchos en la Avenida 7 de Octubre*



*FOTOGRAFÍA # 10 Planta de Sótano y Planta baja - Plano Aprobado por el GAD Municipal de Quevedo*



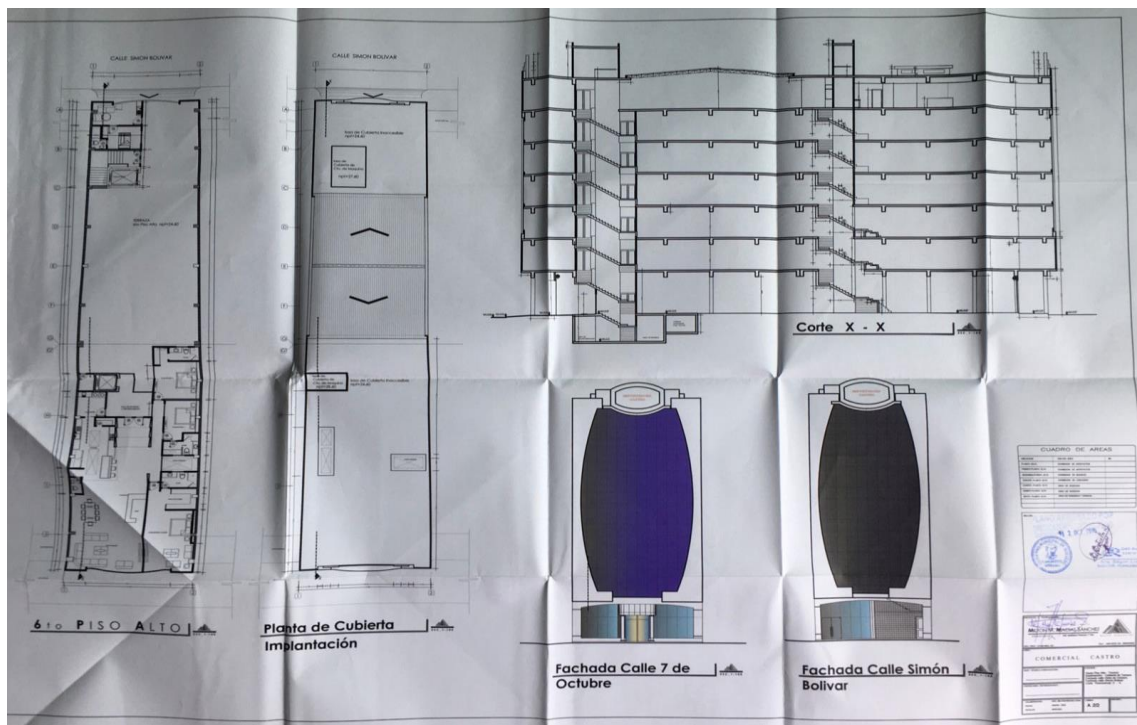


FOTOGRAFÍA # 11 Corte en elevación y Fachada - Plano Aprobado por el GAD Municipal de Quevedo

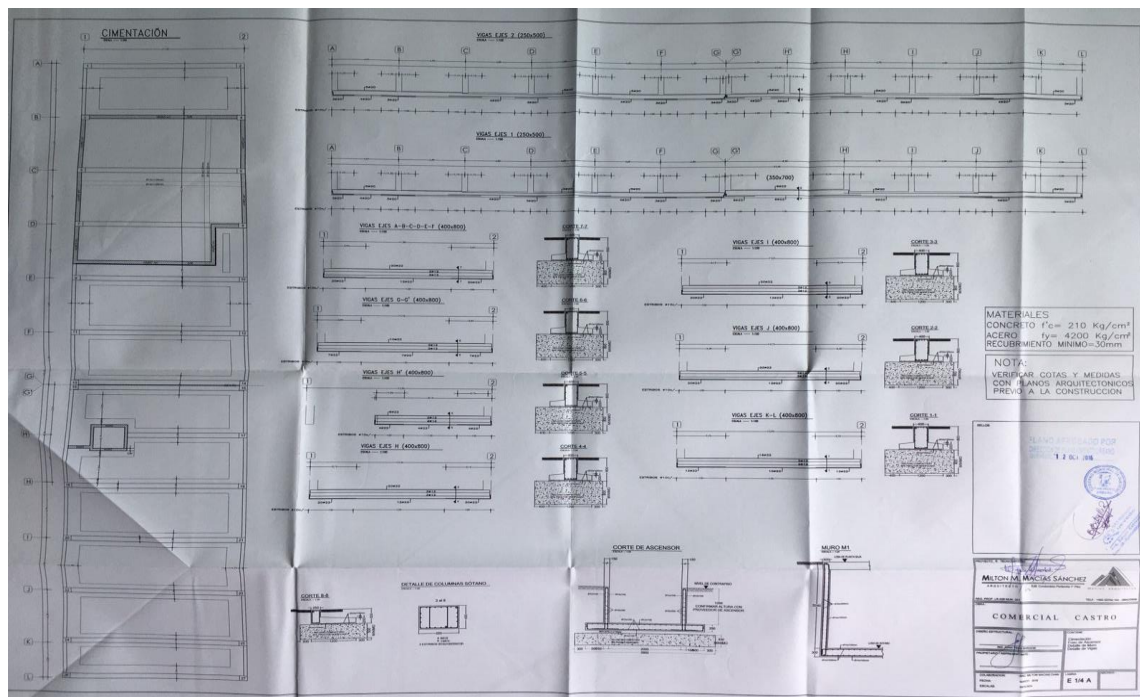




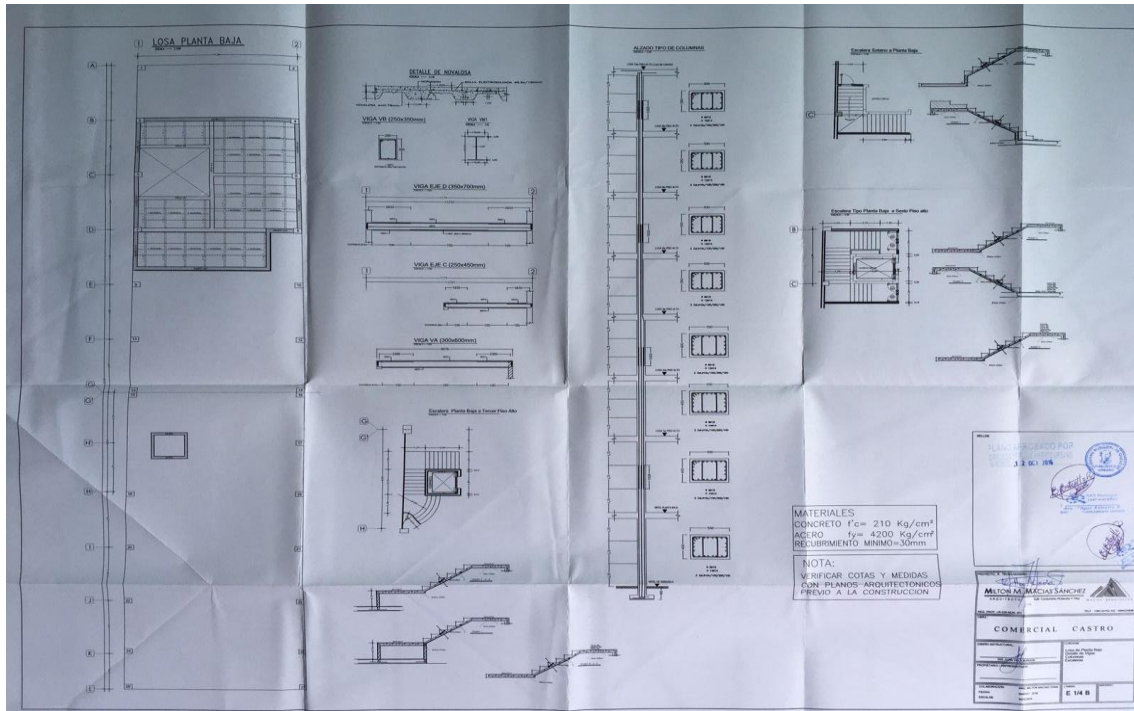
FOTOGRAFÍA # 12 Plano Arquitectónico Aprobado por el GAD Municipal de Quevedo



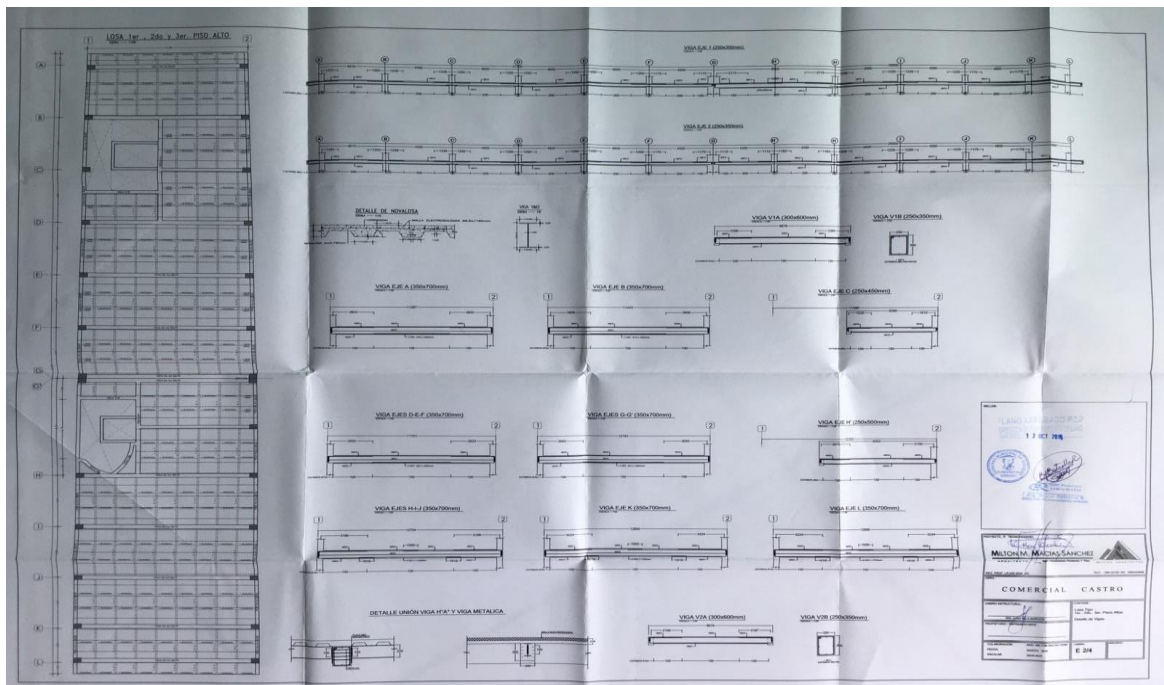
FOTOGRAFÍA # 13 Plano Estructural de la Cimentación Aprobado por el GAD Municipal de Quevedo



FOTOGRAFÍA # 14 Plano Estructural de la Planta Baja Aprobado por el GAD Municipal de Quevedo

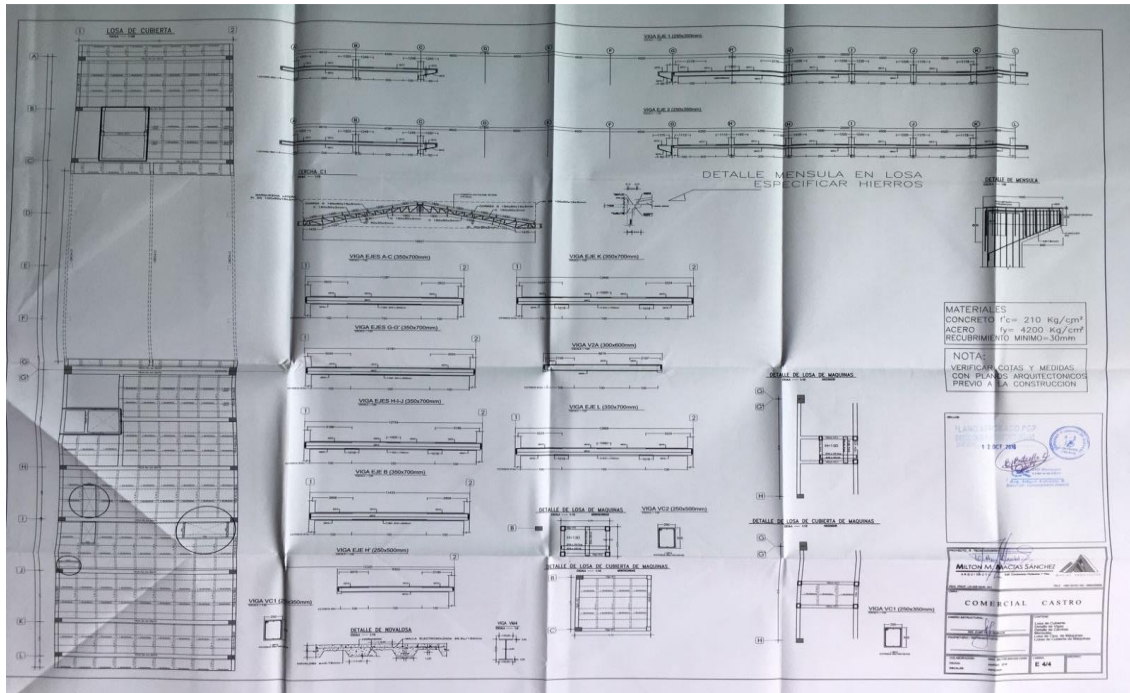


FOTOGRAFÍA # 15 Plano Estructural de 1er, 2do y 3er Piso Alto Aprobado por el GAD Municipal de Quevedo

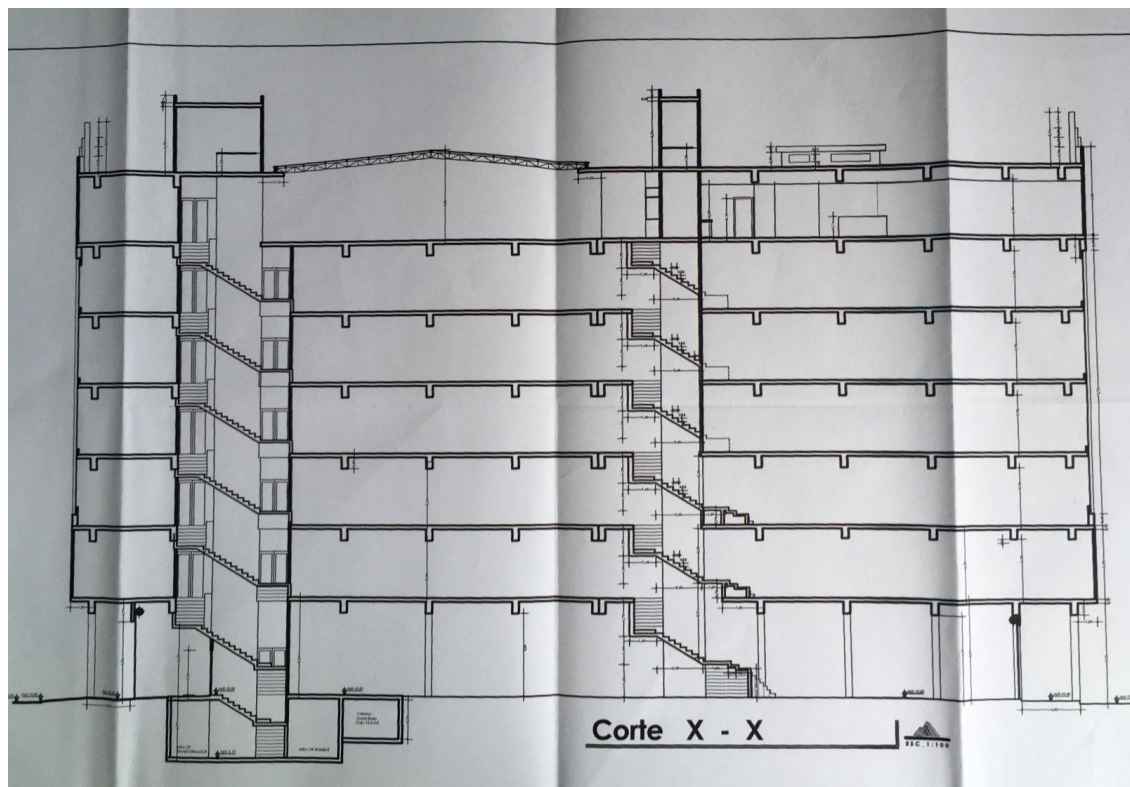


FOTOGRAFÍA # 16 Plano Estructural de Losa de Cubierta Aprobado por el GAD Municipal de Quevedo





FOTOGRAFÍA # 17 Corte en Elevación de la Edificación





## FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

| REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                |                                                                 |          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------|
| FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                |                                                                 |          |
| <b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Análisis de vulnerabilidad sísmica de una edificación de 8 niveles con edificios contiguos con losas alineadas y no alineadas. |                                                                 |          |
| <b>AUTOR(ES)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | TERÁN IBARRA ANTHONY JOSUÉ                                                                                                     |                                                                 |          |
| <b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>Tutor:</b> Ing. Douglas Iturburu, Msc.<br><b>Revisor:</b> Ing. Alexis Jama, Msc.                                            |                                                                 |          |
| <b>INSTITUCIÓN:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Universidad de Guayaquil                                                                                                       |                                                                 |          |
| <b>UNIDAD/FACULTAD:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas                                                                                     |                                                                 |          |
| <b>MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                |                                                                 |          |
| <b>GRADO OBTENIDO:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Ingeniero Civil                                                                                                                |                                                                 |          |
| <b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Octubre, 2021                                                                                                                  | <b>No. DE PÁGINAS:</b>                                          | 105 pág. |
| <b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Análisis de vulnerabilidad sísmica de edificación y losas alineadas y no alineadas..                                           |                                                                 |          |
| <b>PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ANALISIS - VULNERABILIDAD SÍSMICA- EDIFICACIÓN- LOSAS- ALINEADAS Y NO ALINEADAS.                                               |                                                                 |          |
| <b>RESUMEN/ABSTRACT:</b> <p>La presente investigación se desarrolló con el propósito de analizar y evaluar la vulnerabilidad sísmica en una edificación.</p> <p>Se tomó como referencia metodologías existentes en Ecuador y el método ATC21 (que incluye el formulario FEMA P-154), que permitieron obtener los indicadores suficientes que permitió determinar que toda edificación siempre estará expuesta a peligro latente, por lo cual deberá realizarse su estudio conforme lo determinan el código y normas de construcción, con la finalidad de precautelar las vidas humanas.</p> <p>El estudio realizado permitió determinar la vulnerabilidad existente al estar en contigüidad con construcciones de losas alineadas y no alineadas, y es necesario tomar en cuenta las causas y efectos que pueden producir estas. Por ello se recomienda la construcción de juntas sísmicas lo que permitirá que exista la separación suficiente y así evitar el golpeteo o pounding.</p> |                                                                                                                                |                                                                 |          |
| <b>ADJUNTO PDF:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | SI                                                                                                                             |                                                                 |          |
| <b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Teléfono:</b> 096-397-2315<br>099-240-8125                                                                                  | <b>E-mail:</b> tonyysay@hotmail.com<br>yibarra_uteq@hotmail.com |          |
| <b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Nombre:</b> FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS                                                                      |                                                                 |          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Teléfono:</b> 052-747297                                                                                                    |                                                                 |          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>E-mail:</b> fmatematicas@ug.edu.ec                                                                                          |                                                                 |          |