



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO DE REHABILITACIÓN DE CIMENTACIONES DEL EDIFICIO DE  
HORMIGÓN ARMADO DE 3 PISOS, CON AMPLIACIÓN A 5 PISOS, MEDIANTE  
LOS SISTEMAS CONVENCIONAL Y NO CONVENCIONAL, EN EL BARRIO SAN  
ANTONIO No 2, PARROQUIA SAN MIGUEL, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA  
COTOPAXI, EN EL AÑO 2021**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Civil

AUTOR: Roberto Mauricio Maldonado Guamán

TUTOR: Carlos Alexis Ayala Moya

Quito - Ecuador  
2022

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Yo, Roberto Mauricio Maldonado Guamán con documento de identificación N° 0502367774 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 08 de marzo del 2022

Atentamente,



Roberto Mauricio Maldonado Guamán

0502367774

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Roberto Mauricio Maldonado Guamán con documento de identificación N° 0502367774, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Diseño de rehabilitación de cimentaciones del edificio de hormigón armado de 3 pisos, con ampliación a 5 pisos, mediante los sistemas convencional y no convencional, en el barrio san Antonio No 2, parroquia San Miguel, cantón Salcedo, provincia Cotopaxi, en el 2021”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 08 de marzo del 2022

Atentamente,



Roberto Mauricio Maldonado Guamán

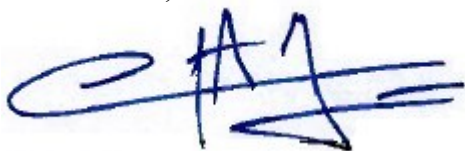
0502367774

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Carlos Alexis Ayala Moya con documento de identificación N° 1712968971, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE REHABILITACIÓN DE CIMENTACIONES DEL EDIFICIO DE HORMIGÓN ARMADO DE 3 PISOS, CON AMPLIACIÓN A 5 PISOS, MEDIANTE LOS SISTEMAS CONVENCIONAL Y NO CONVENCIONAL, EN EL BARRIO SAN ANTONIO NO 2, PARROQUIA SAN MIGUEL, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA COTOPAXI, EN EL 2021, realizado por Roberto Mauricio Maldonado Guamán con documento de identificación N° 050236774, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 08 de marzo del 2022

Atentamente,



---

Ing. Carlos Alexis Ayala Moya, MSc.

1712968971

## Índice

CAPITULO I .....	1
1. GENERALIDADES .....	1
1.1 TÍTULO.....	1
1.2 GLOSARIO.....	1
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	5
1.5 GRUPO OBJETIVO (Beneficiarios).....	6
1.6 OBJETIVOS.....	6
CAPITULO II .....	8
2. MARCO TEÓRICO .....	8
2.1 Definiciones.....	8
2.2 Marco Legal.....	8
2.3 Peligro sísmico. ....	9
2.4 Riesgo sísmico. ....	9
2.5 Vulnerabilidad Sísmica. ....	10
2.6 Rehabilitación Sísmica de edificios. ....	11
2.7 Finalidad de la rehabilitación de la Estructura.....	12
2.8 Definición Cimentaciones Superficiales. ....	15
2.9 Descripción para la rehabilitación.....	18
2.10 Tipo de rehabilitaciones para cimentaciones superficiales. ....	19
CAPITULO III .....	23
3. METODOLOGÍA .....	23
3.1 Investigación Científica .....	23
3.2 Investigación de Ingeniería Civil.....	24
CAPITULO IV .....	26
4. RECOPIACIÓN DE DATOS Y CLASIFICACIÓN DEL EDIFICIO.....	26
4.1 Generalidades .....	26
4.2 Recopilación de Información Técnica .....	26
4.3 Evaluación Visual sísmica de la Estructura según NEC-SE-RE. Pre-evento .....	28
CAPITULO V .....	80
5. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE MEDIANTE LA ASCE 41-17 .....	80
5.1 Generalidades .....	80

5.2 Evaluación Sísmica e Inspección de la Estructuras Utilizando el manual FEMA P-154.....	80
5.3 Tipos de Región de Sismicidad .....	80
5.4 Selección de Formulario según su Regios Sísmica. ....	81
5.5 Inspección y Evaluación Sísmica de la Estructura. ....	83
CAPITULO VI.....	101
6. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA ANTES DE SU AMPLIACIÓN .....	101
6.1 Generalidades .....	101
6.2 Lugar donde se encuentra ubicada la Estructura .....	101
6.3 Características y Descripción Técnica de la Estructura .....	102
6.4 Distribución de los elementos y Geometría de la Estructura .....	103
6.5 Propiedades de los Materiales de Construcción.....	108
6.6 Cargas a Considerar para la Modelación. ....	109
6.7 Propiedades del Sitio. ....	110
6.8 Coeficientes e Irregularidades de la Geometría de la Estructural. ....	111
6.9 Factor de Reducción de Resistencia Sísmica “R” y Coeficiente de Importancia “I” .....	112
6.10 Periodo de Vibración.....	112
6.11 Espectro de Diseño para la Estructura.....	114
6.12 Modelación de la Estructura Residencia de la Sra. María Lara.....	117
6.13 Análisis Estático No Lineal.....	128
6.14 Modelación de la Cimentación Superficial.....	141
CAPITULO VII.....	147
7. PPROPUESTA DE AMPLIACION Y ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN.....	147
7.1 Generalidades .....	147
7.2 Consideraciones de Diseño .....	147
7.3 Geometría Propuesta.....	148
7.4 Distribución de Elementos (Ampliación).....	149
7.5 Nuevas Cargas a considerar (Ampliación).....	152
7.6 Nuevo Periodo de Vibración por Ampliación.....	154
7.7 Espectro de Diseño debido a la Ampliación.....	155
7.8 Modelación de la Estructura con Ampliación. ....	157
7.9 Análisis de Resultados con Ampliación .....	157
7.10 Modelación de la Cimentación Superficial por Ampliación .....	161
7.11 Alternativas de Rehabilitación para la Ampliación .....	166

CONCLUSIONES.....	192
RECOMENDACIONES.....	196
ANEXOS .....	198
REFERENCIA .....	224

### Índice de figuras

<b>Figura 1.....</b>	<b>4</b>
<b>Figura 2.....</b>	<b>13</b>
<b>Figura 3.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 4.....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 5.....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 6.....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 7.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 8.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 9.....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 10.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 11.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 12.....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 13.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 14.....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 15.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 16.....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 17.....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 18.....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 19.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 20.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 21.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 22.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 23.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 24.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 25.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 26.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 27.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 28.....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 29.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 30.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 31.....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 32.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 33.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 34.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 35.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 36.....</b>	<b>52</b>

<b>Figura 37.</b>	53
<b>Figura 38.</b>	54
<b>Figura 39.</b>	54
<b>Figura 40.</b>	55
<b>Figura 41.</b>	56
<b>Figura 42.</b>	56
<b>Figura 43.</b>	57
<b>Figura 44.</b>	58
<b>Figura 45.</b>	59
<b>Figura 46.</b>	60
<b>Figura 47.</b>	61
<b>Figura 48.</b>	62
<b>Figura 49.</b>	63
<b>Figura 50.</b>	69
<b>Figura 51.</b>	70
<b>Figura 52.</b>	82
<b>Figura 53.</b>	83
<b>Figura 54.</b>	84
<b>Figura 55.</b>	84
<b>Figura 56.</b>	85
<b>Figura 57.</b>	85
<b>Figura 58.</b>	86
<b>Figura 59.</b>	86
<b>Figura 60.</b>	87
<b>Figura 61.</b>	87
<b>Figura 62.</b>	89
<b>Figura 63.</b>	90
<b>Figura 64.</b>	90
<b>Figura 65.</b>	91
<b>Figura 66.</b>	91
<b>Figura 67.</b>	92
<b>Figura 68.</b>	93
<b>Figura 69.</b>	96
<b>Figura 70.</b>	98
<b>Figura 71.</b>	98
<b>Figura 72.</b>	98
<b>Figura 73.</b>	99
<b>Figura 74.</b>	99
<b>Figura 75.</b>	100
<b>Figura 76.</b>	102
<b>Figura 77.</b>	104
<b>Figura 78.</b>	105
<b>Figura 79.</b>	107
<b>Figura 80.</b>	107



<b>Figura 81.</b>	113
<b>Figura 82.</b>	115
<b>Figura 83.</b>	116
<b>Figura 84.</b>	117
<b>Figura 85.</b>	118
<b>Figura 86.</b>	119
<b>Figura 87.</b>	119
<b>Figura 88.</b>	120
<b>Figura 89.</b>	121
<b>Figura 90.</b>	121
<b>Figura 91.</b>	122
<b>Figura 92.</b>	123
<b>Figura 93.</b>	127
<b>Figura 94.</b>	129
<b>Figura 95.</b>	130
<b>Figura 96.</b>	131
<b>Figura 97.</b>	132
<b>Figura 98.</b>	132
<b>Figura 99.</b>	133
<b>Figura 100.</b>	134
<b>Figura 101.</b>	135
<b>Figura 102.</b>	135
<b>Figura 103.</b>	136
<b>Figura 104.</b>	137
<b>Figura 105.</b>	137
<b>Figura 106.</b>	138
<b>Figura 107.</b>	138
<b>Figura 108.</b>	139
<b>Figura 109.</b>	140
<b>Figura 110.</b>	142
<b>Figura 111.</b>	142
<b>Figura 112.</b>	143
<b>Figura 113.</b>	144
<b>Figura 114.</b>	145
<b>Figura 115.</b>	148
<b>Figura 116.</b>	149
<b>Figura 117.</b>	151
<b>Figura 118.</b>	151
<b>Figura 119.</b>	152
<b>Figura 120.</b>	155
<b>Figura 121.</b>	157
<b>Figura 122.</b>	160
<b>Figura 123.</b>	162
<b>Figura 124.</b>	163

<b>Figura 125.</b> .....	164
<b>Figura 126.</b> .....	167
<b>Figura 127.</b> .....	168
<b>Figura 128.</b> .....	169
<b>Figura 129.</b> .....	170
<b>Figura 130.</b> .....	170
<b>Figura 131.</b> .....	171
<b>Figura 132.</b> .....	172
<b>Figura 133.</b> .....	172
<b>Figura 134.</b> .....	173
<b>Figura 135.</b> .....	174
<b>Figura 136.</b> .....	174
<b>Figura 137.</b> .....	175
<b>Figura 138.</b> .....	176
<b>Figura 139.</b> .....	179
<b>Figura 140.</b> .....	180
<b>Figura 141.</b> .....	181
<b>Figura 142.</b> .....	185
<b>Figura 143.</b> .....	187
<b>Figura 144.</b> .....	187

### Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> .....	12
<b>Tabla 2.</b> .....	13
<b>Tabla 3.</b> .....	14
<b>Tabla 4.</b> .....	27
<b>Tabla 5.</b> .....	39
<b>Tabla 6.</b> .....	39
<b>Tabla 7.</b> .....	48
<b>Tabla 8.</b> .....	62
<b>Tabla 9.</b> .....	64
<b>Tabla 10.</b> .....	73
<b>Tabla 11.</b> .....	82
<b>Tabla 12.</b> .....	88
<b>Tabla 13.</b> .....	94
<b>Tabla 14.</b> .....	97
<b>Tabla 15.</b> .....	103
<b>Tabla 16.</b> .....	106
<b>Tabla 17.</b> .....	106
<b>Tabla 18.</b> .....	108
<b>Tabla 19.</b> .....	109
<b>Tabla 20.</b> .....	110
<b>Tabla 21.</b> .....	111
<b>Tabla 22.</b> .....	113
<b>Tabla 23.</b> .....	114

<b>Tabla 24.</b>	124
<b>Tabla 25.</b>	125
<b>Tabla 26.</b>	126
<b>Tabla 27.</b>	126
<b>Tabla 28.</b>	127
<b>Tabla 29.</b>	128
<b>Tabla 30.</b>	139
<b>Tabla 31.</b>	145
<b>Tabla 32.</b>	146
<b>Tabla 33.</b>	150
<b>Tabla 34.</b>	150
<b>Tabla 35.</b>	153
<b>Tabla 36.</b>	153
<b>Tabla 37.</b>	154
<b>Tabla 38.</b>	156
<b>Tabla 39.</b>	157
<b>Tabla 40.</b>	158
<b>Tabla 41.</b>	159
<b>Tabla 42.</b>	159
<b>Tabla 43.</b>	160
<b>Tabla 44.</b>	161
<b>Tabla 45.</b>	161
<b>Tabla 46.</b>	164
<b>Tabla 47.</b>	165
<b>Tabla 48.</b>	169
<b>Tabla 49.</b>	175
<b>Tabla 50.</b>	176
<b>Tabla 51.</b>	177
<b>Tabla 52.</b>	177
<b>Tabla 53.</b>	178
<b>Tabla 54.</b>	178
<b>Tabla 55.</b>	184

## RESUMEN

El presente proyecto técnico desarrollado a continuación se basa en la del análisis de la estructura actual de la residencia de la señora María Lara, ubicado en el Barrio San Antonio No 2, Cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi y una posterior ampliación de la edificación a dos pisos adicionales, para el cual se procederá a determinar, la vulnerabilidad de la edificación para determinar el peligro sísmico en el que se encuentra la edificación mediante formularios que nos presenta la NEC-SE-RE, en la FEMA P-154 y en la ATC-20, posterior a este se llevará a cabo un análisis sísmico de la estructura actual para determinar las fallas que se podrían presentar tanto en la Superestructura como la Infraestructura mediante el programa ETABS y SAFE antes de la ampliación de la edificación, una vez realizado este análisis se procederá a realizar la ampliación de la vivienda a dos pisos adicionales de la residencia de la Señora María Lara, a la cual también se realizara un análisis de su diseño, que al no cumplir con las nuevas solicitudes que nos presentará la estructura, se procederá a analizar la rehabilitación de cimentaciones mediante el método convencional y no convencional en el cual está orientado el presente proyecto técnico, y para posterior a este elegir el más idóneo para le estructura.

## **ABSTRACT**

The present technical project developed below is based on the analysis of the current structure of the residence of Mrs. María Lara, located in Barrio San Antonio No 2, Cantón Salcedo, Cotopaxi Province and a subsequent extension of the building to two additional floors, for which the vulnerability of the building will be determined to determine the seismic hazard in which the building is located through forms presented by the NEC-SE-RE, in the FEMA P-154 and in the ATC -20, after this, a seismic analysis of the current structure will be carried out to determine the failures that could occur in both the Superstructure and the Infrastructure through the ETABS and SAFE program before the expansion of the building. Once this analysis has been carried out, the house will be extended to two additional floors of the residence of Mrs. María Lara, to which an analysis of its design will also be carried out, which by not complying with the new requests that we the structure will be presented, the rehabilitation of foundations will be analyzed through the conventional and unconventional method in which the present technical project is oriented, and after this, choose the most suitable for the structure.

# CAPITULO I

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 TÍTULO

Diseño de rehabilitación de cimentaciones del edificio de hormigón armado de 3 pisos, con ampliación a 5 pisos, mediante los sistemas convencional y no convencional, en el barrio san Antonio No 2, parroquia San Miguel, cantón Salcedo, provincia Cotopaxi, en el 2021.

### 1.2 GLOSARIO

**Adherencia:** Fenómeno de interacción física entre la masa del concreto y las barras de acero que tiene la capacidad o fuerza para mantener unidos entre si a los materiales o cuerpos

**Corte:** Deformación entre dos planos de forma paralela, que se deslizan relativamente los cuales permanecerán en contacto con su plano.

**Equilibrio:** Se define como la garantía de que una estructura no se moverá o deformará ante la acción de una carga, o lo hará en una magnitud apenas perceptible en relación con sus proporciones

**Inyección:** En base a formulación epóxica a la que se suelda al concreto cuando se produce contacto con el mismo, suele utilizarse en fisuras o en intervención a los plintos mediante micropilotes con espesores de 0.1 mm o mayores,

**Recalce:** Reparar cimientos de una edificación debido a nuevas cargas que esta deberá soportar, Además, de corregir sus deficiencias sobre el terreno mediante reforzamiento.

**Rotopercusión:** Sistema de perforación, para todo tipo de Rocas que este accionado por aire comprimido.

**Sustrato:** Estrato que subyace a otro y sobre el cual está en condiciones de ejercer algún tipo de influencia. Es el suelo donde se realizará la obra.

## **1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.3.1 Antecedentes**

En el Ecuador se ha hecho muy poco con respecto a la rehabilitación de edificaciones. Cuando se produce un sismo, incendio, explosión, asentamientos o deslizamientos de masas en la estructura normalmente no se le da una rehabilitación, sino que simplemente, lo abandonan, derrocan la edificación o vuelven a construir una nueva edificación para otro uso. Su intervención podría llegar a ser muy costosa debido al tipo de daño que haya sufrido la estructura. Además, cuando el objetivo para el que fue construido queda obsoleto, en lugar de rehabilitar y darle un nuevo uso lo abandonan, y más peligroso aún, le dan otro tipo de ocupación sin haber tomado en cuenta las nuevas solicitaciones que esta edificación requerirá; llegando a ser muy peligroso. Sin embargo, con el transcurso del tiempo surgen avances, estudios y métodos que pueden ayudar a una rehabilitación adecuada y así ir mejorando las normativas vigentes que ayuden a una rehabilitación, reforzamiento correcto de las estructuras existentes.

### **1.3.2 Importancia y Alcance**

En el Ecuador uno de los graves problemas que se encuentra es la informalidad en las construcciones. En el país casi el 70% de estas son informales. Debido a que la mayoría de edificaciones carecen de registros municipales de planos, licencias de construcción, o estos no pasaron por la revisión de un profesional. Donde se podrían tener graves consecuencias como el colapso de las estructuras y convirtiendo a un sismo en una tragedia de gran magnitud (La informalidad en la construcción es el mayor riesgo en un terremoto - Instituto Geofísico -EPN, 2016). En varias ciudades se intenta dar formalidad a la construcción por medio de la revisión de planos en las entidades colaboradoras y la obtención de la licencia de construcción, sin embargo,

esto sucede en menor grado en las ciudades más pequeñas donde su control es muy bajo e incluso nulo.

Uno de los graves problemas que se presenta en las edificaciones de la provincia de Cotopaxi, es la informalidad con la que se lleva a cabo las construcciones, al ser un cantón muy pequeño no se tiene un buen control por lo que existe gran preocupación, al no contar con un profesional al momento de construir ya sea por falta de presupuesto o conocimientos. Además, de mencionar que los trámites municipales son muy engorrosos, con muchas trabas que llevan a la decisión de construir de manera informal. Contratando a maestros de obra con poca o ninguna experiencia.

Por otra parte, en el cantón muy poco se emplea el reforzamiento en las estructuras. Por lo que no se conoce del tema y muchas de las veces aumentan más pisos a la edificación o le dan otro tipo de uso para el que fue diseñado, sin saber que estas estructuras deben ser rehabilitadas antes de darle otro tipo de ocupación o realizar alguna ampliación.

Se va analizar la edificación de departamentos que se encuentra en el cantón Salcedo parroquia de San Miguel, en el barrio San Antonio No 2 de la mencionada provincia, la cual se está requiriendo la ampliación a más pisos de las que actualmente está construido. Si a esta estructura no se le somete a un nuevo estudio, diseño y análisis para las nuevas cargas que esta estructura soportará, tendrá un gran riesgo de colapso debido a que no se realizará una rehabilitación adecuada como el que se debe realizar para este tipo de ampliaciones y el cual afectará no solo a los habitantes del lugar sino también a las familias aledañas ya que puede provocar daños en las estructuras causando pérdidas humanas y materiales. Además de causar problemas viales y ambientales al momento de un colapso por la no rehabilitación correcta.



Es debido a lo cual el presente trabajo de investigación, ayudará tanto a técnicos como a estudiantes del área de la construcción a conocer la manera correcta de realizar una evaluación, ampliación o sustitución y para lo cual será indispensable conocer de las normativas tanto nacionales como internacionales. Los cuales nos ayudarán a realizar una correcta intervención a la estructura. Donde se deberá cumplir lineamientos ya establecidos, que traerán beneficios no solo a nivel técnico sino también a las familias que habiten en las edificaciones y sus alrededores.

### 1.3.3 Delimitación

La edificación se encuentra en la provincia de Cotopaxi, cantón Salcedo, parroquia San Miguel, en el Barrio San Antonio No 2, ubicada en las calles Juan León Mera y Paquisha.

#### Figura 1.

*Ubicación del lugar del Proyecto Técnico.*



*Nota:* Se presenta la dirección exacta donde se encuentra la edificación motivo de este proyecto.

Elaborado por: El autor a través de Google Maps.

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

La evaluación y rehabilitación de estructuras no es muy frecuente en el país y aún menos la rehabilitación de cimentaciones. La cual implica excavar, dañar o extraer el piso, por lo que no es aplicado frecuentemente. Además, podemos mencionar que la rehabilitación de estructuras no se enseña a nivel de pregrado y se ve muy poco a nivel de postgrados. Por esta razón el presente proyecto lo enfocaremos a la rehabilitación de cimentaciones. Entre las distintas técnicas a analizar se distinguen: el método convencional que consiste en el ensanchamiento de zapatas aisladas existentes, y el método no convencional que consiste en la inyección de micropilotes en la zapata aislada existente. Mediante estas alternativas podremos conocer la más conveniente estructuralmente, la más económicamente factible, la más expedita de realizar.

En el presente trabajo no se realizará la evaluación de la calidad de los materiales de la superestructura, así también el estudio del reforzamiento que se lo realizará en otra investigación, debido que el presente trabajo está limitado al tema de la cimentación.

La rehabilitación de cimentaciones beneficiará a las personas que habitan actualmente en la edificación, ya que al realizar este trabajo se garantizará la seguridad de vida, y dará estabilidad a la estructura para que no colapse y de esta manera poder ampliar a más pisos la edificación sin el temor que esta sufra daños en su estructura. Para lo cual se deberá verificar que las columnas existentes sean capaces de soportar adecuadamente las nuevas solicitudes por el incremento de número de pisos y conocer las fuerzas y momentos que llegarán a la cimentación, para evaluar el estado del pedestal y verificar las condiciones del mismo, la cual recibe la carga de la columna para un posterior análisis del reforzamiento de la cimentación.

Para realizar este trabajo, se cuenta con los conocimientos técnicos necesarios para ejecutar el diseño de rehabilitación de cimentaciones que soportarán la nueva área de la estructura. Para la cual se trabajará con los softwares ETABS para la modelación de la estructura antes y después de su ampliación y SAFE para el análisis de la cimentación. De las normativas nacionales NEC-SE-HM, NEC-SE-DS, NEC-SE-GC, NEC-SE-RE; y de la normativa ASCE 41-17.

El presente proyecto se desarrollará acorde a los lineamientos de las normativas antes mencionadas, de tal forma que servirá de guía para profesionales de la construcción civil que estén enfocados en el área estructural.

### **1.5 GRUPO OBJETIVO (Beneficiarios)**

El presente proyecto técnico beneficiará a las familias que habitan en la edificación ya que contarán con una adecuada rehabilitación de la cimentación causada por la ampliación de más plantas en la estructura. Además de un análisis de las columnas existentes para verificar que soporten las nuevas solicitaciones impuestas por el incremento de número de pisos. Que asegurará primordialmente las vidas humanas y el tiempo de vida de la edificación.

En el presente trabajo no se realizará la evaluación de la calidad de los materiales de la superestructura, así también el estudio del reforzamiento que se lo realizará en otra investigación, debido que el presente trabajo está limitado al tema de la cimentación.

### **1.6 OBJETIVOS**

#### **1.6.1 Objetivo General**

Realizar el diseño de rehabilitación de la cimentación de una edificación que será ampliada de tres niveles a cinco niveles ubicada en la parroquia San Miguel. Esta rehabilitación se va a realizar a través de los métodos: convencional que consiste en el ensanchamiento de la zapata

aislada existente, y el no convencional que consiste en la inyección de micropilotes en la zapata aislada existente, para escoger la más adecuada que pueda aplicarse en el presente proyecto.

### **1.6.2 Objetivos Específicos**

Realizar la modelación y análisis de la estructura proyectada sin rehabilitación, a través del espectro de diseño adecuado para la estructura y para la zona de peligro sísmico, en base a la NEC-15, para una posterior evaluación a través de un análisis no lineal estático y un análisis modal espectral utilizando el programa computacional ETABS, con el fin de conocer si cumple con las disposiciones de la NEC-SE-HM y la NEC-SE-DS.

Modelar y analizar la cimentación superficial existente según las disposiciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción de Geotecnia y Cimentaciones NEC-SE-GC, por medio del programa computacional SAFE, para verificar la capacidad portante admisible máxima del suelo la cual fue obtenida por un estudio de suelos existente de la zona.

Realizar la modelación de la estructura proyectada con rehabilitación, utilizando el programa computacional ETABS, como el fin de conocer si cumple con las disposiciones de la NEC-SE-RE y la ASCE-41-17.

Analizar los dos tipos de rehabilitación de cimentaciones (convencional y no convencional), a través de investigaciones ya realizadas con estos tipos de recalces, para posteriormente escoger la más adecuada que podrá aplicarse en el presente proyecto de estudio y además que cumplan con las normativas NEC-SE-RE y la ASCE-41-17.

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Definiciones**

##### **2.1.1 Reforzamiento**

En el diccionario de la Legua Española reforzar podemos encontrar un sin número de definiciones, por lo cual definiremos a reforzar como la acción de volver a poner en funcionamiento una edificación que ha estado fuera de servicio (Restauración y Rehabilitación. Fundamentos de la Rehabilitación: La Rehabilitación | Construpedia, 2021). Mediante la rehabilitación se podrá dar nuevamente un uso a la construcción de la mejor manera.

En el diseño de ingeniería podemos decir que rehabilitar una estructura. “Responde a dos necesidades: Recuperar el funcionamiento original del inmueble adaptándolo a las necesidades actuales de la sociedad o bien readaptar dicho inmueble para brindar un uso diferente para el cual fue concebido” (Hernández E & De Alba R, 2011, p. 31). En este sentido, en la actualidad recuperar una edificación ayudará a satisfacer las necesidades que la sociedad requiere para darle un nuevo uso a una edificación que se encuentra fuera de servicio.

#### **2.2 Marco Legal**

##### **2.2.1 Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15)**

Tiene como finalidad de regular los procesos y cumplir con las exigencias básicas de seguridad y calidad en todo tipo de edificaciones como consecuencia de las características del proyecto, la construcción, el uso y el mantenimiento; especificando parámetros, (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2014).

- NEC-SE-CG: CARGAS (No sísmicas)
- NEC-SE-HM: Hormigón Armado
- NEC-SE-DS: Peligro Sísmico
- NEC-SE-GC: Geotecnia y Cimentación
- NEC-SE-RE: Riesgo Sísmico

### **2.2.2 Normativas Extranjeras usadas**

- ASCE/SEI 41-17, Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings
- ASCE 41-13, Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings
- ASCE 31-03: Seismic Evaluation of Existing Buildings
- ACI 562 – 19 Code Requirements for Assessment, Repair, and Rehabilitation of Existing Concrete Structures and Commentary

### **2.3 Peligro sísmico.**

Se llama peligro sísmico a la probabilidad de excedencia, en una zona determinada y dentro de un periodo de tiempo, de movimientos de suelo cuyos parámetros intensidad, magnitud, desplazamiento, aceleración y velocidad son cuantificados (NEC-SE-DS Peligro Sísmico, 2014). El peligro sísmico puede ser cuantificado en base a la intensidad de movimiento, a los valores máximos del movimiento del terreno y por un parámetro global de respuesta de la estructura el cual se lo ha cuantificado últimamente.

### **2.4 Riesgo sísmico.**

Se lo define como el nivel de pérdidas estimadas que puede padecer una estructura durante un evento sísmico. Este riesgo sísmico se lo puede mencionar de dos formas: la primera

relacionado directamente con la vulnerabilidad y el peligro sísmico en el que estará expuesto, y el segundo por medio de la densidad poblacional o estructural ( (Gómez & Loayza, 2014).

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} * \text{Vulnerabilidad}$$

$$\text{Riesgo} = H * V * E * C$$

Dónde:

H: Peligro Sísmico

V: Vulnerabilidad de las estructuras.

E: Densidad de estructuras y habitantes.

C: Costo de reparación o perdidas

## **2.5 Vulnerabilidad Sísmica.**

Otras de las alternativas para evaluar los riesgos sísmicos es la vulnerabilidad sísmica. Que se lo define como el daño que sufrirá la edificación durante el sismo. La vulnerabilidad evidencia la falta de resistencia que tiene la edificación frente al sismo y dependerá de las técnicas de construcción, las características de diseño y la calidad de los materiales de la edificación (Gómez & Loayza, 2014). Así, se puede decir que una estructura sea más o menos vulnerable frente al sismo, es una propiedad característica de cada estructura y no depende de la peligrosidad sísmica del lugar de emplazamiento. Por lo tanto, vulnerabilidad no significa estar en riesgo a menos que se encuentre ubicado en un lugar de peligro sísmico.

### **2.5.1 Patologías Estructurales.**

La vulnerabilidad de la estructura se puede reflejar por patologías, que aparecen en la edificación, originando daños y molestias a los habitantes, hasta grandes fallas que podrían causar

el colapso de la edificación o parte de esta. Pero para determinarlas puede ser muy difícil por lo cual podríamos clasificar a las patologías según su causa de origen que son: Defectos, Daños o Deterioros (Astorga & Rivero, 2009).

- **Patología por defecto:** Relacionado con las características propias de la estructura y aparecen por un mal diseño, una configuración estructural equivocada o el uso de materiales de mala calidad y el cual puede ser prevenida por mano de obra calificada.
- **Patología por daños:** Aparecerán durante y después de un evento como: sismo, inundación, derrumbe, etc. Además, esta patología se puede dar por un mal uso de la estructura, que puede ser dándole una sobrecarga a la edificación.
- **Patología por deterioro:** Las estructuras son diseñadas para un periodo de vida útil, y conforme va pasando el tiempo estas se van deteriorando por lo cual es indispensable observar las manifestaciones que estas van presentando y así poder intervenirlas a tiempo y prevenir un posible colapso.

## **2.6 Rehabilitación Sísmica de edificios.**

Debido a la gran actividad sísmica que se encuentra en el Ecuador, surge la necesidad de realizar técnicas para mitigar los riesgos sísmicos el cual podemos encontrar en la combinación de tres factores (NEC-SE-RE Riesgo Sísmico, 2014):

- ✓ Peligro sísmico del sitio donde se encuentra la estructura.
- ✓ Nivel de exposición de la estructura.
- ✓ Vulnerabilidad al daño de las edificaciones.



## 2.6.1 Etapas del proceso de rehabilitación sísmica.

Según la (NEC-SE-RE Riesgo Sísmico, 2014). “El desarrollo de un proyecto de rehabilitación sísmica de edificios debe contener al menos los siguientes pasos”:

- Determinar del objetivo para la rehabilitación.
- Escoger estrategias para la rehabilitación.
- Recolección de ensayos e información de la edificación.
- Análisis, Modelación, y criterios que cumplan con normativa.
- Rehabilitación.

## 2.7 Finalidad de la rehabilitación de la Estructura.

### 2.7.1 Nivel de Desempeños.

**Tabla 1.**

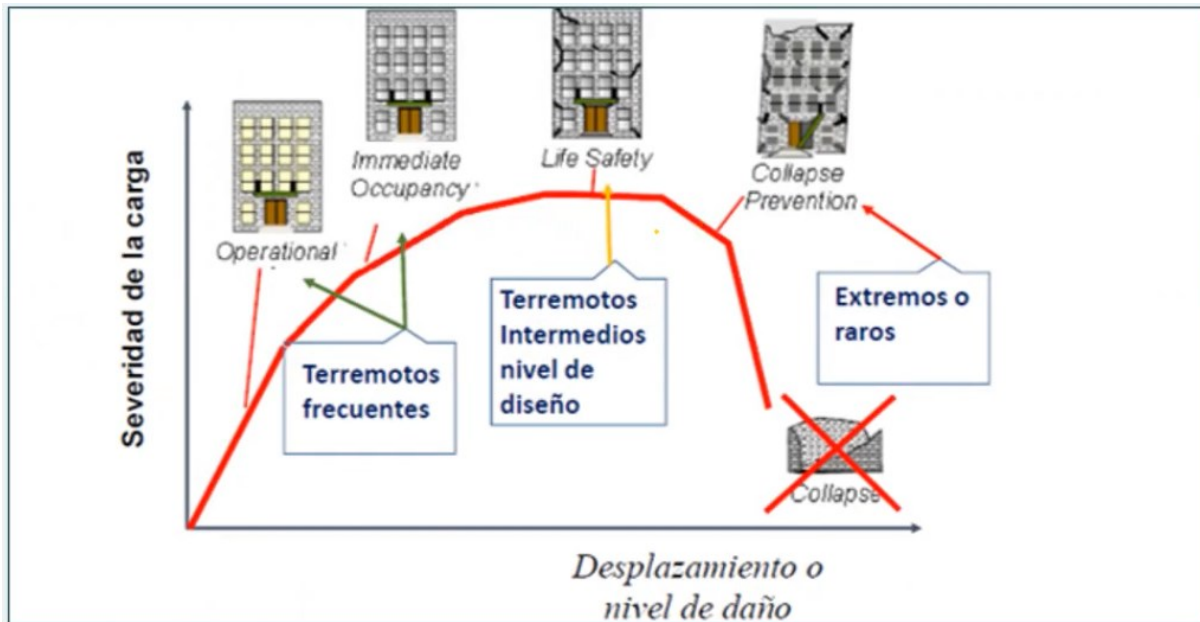
*Control de daño y niveles de desempeño para edificios.*

	Nivel de Prevención al Colapso (5-E)	Nivel de Seguridad de Vida (3-C)	Nivel de Ocupación Inmediata (3-C)	Nivel Operativo (1-A)
<b>Daño Global</b>	<b>Severo</b>	<b>Moderado</b>	<b>Ligero</b>	<b>Muy Ligero</b>
<b>General</b>	Pequeña resistencia y rigidez residual, pero columnas y muros cargadores funcionando. Grandes derivas permanentes. Algunas salidas bloqueadas. Parapetos no asegurados que han fallado o tienen alguna falla incipiente. El edificio está cerca del colapso	Algo de resistencia y rigidez residual ha quedado en todos los pisos. Elementos que soportan cargas gravitacionales aún funcionando. fallas en, muros dentro de su plano o parapetos inclinados. Algo de deriva permanente. Daño en paredes divisorias. El Edificio se mantiene económicamente reparable	No hay deriva permanente. La estructura aún mantiene resistencia y rigidez originales. Fisuras menores en fachadas, paredes divisorias, cielos razos, así como en elementos estructurales. Los ascensores aún pueden ser encendidos. Sistema contra incendios aún operable	No hay deriva permanente. La estructura aún mantiene la resistencia y rigidez originales. Fisuras menores en fachadas, paredes divisorias, y cielos razos, así como en elementos estructurales. Todos los sistemas importantes para una operación normal están en funcionamiento
<b>Componentes No Estructurales</b>	Daño severo	Peligro de caída de objetos mitigado, pero bastante daño en sistemas: arquitectónico, mecánico y eléctrico	Equipos y contenido están seguros de manera general, pero algunos no operan debido a fallas mecánicas o falta de utilidad	Ocurre daño insignificante. La energía eléctrica y otros servicios están disponibles, posiblemente por servicios de reserva

Fuente: (NEC-SE-RE Riesgo Sísmico, 2014).

**Figura 2.**

*Niveles de Desempeño Estructural*



NOTA: Niveles de desempeño para la estructura ante un evento sísmico. Fuente: (Casagallo, 2021).

### 2.7.2 Niveles ante amenazas sísmicas.

Para la evaluación y rehabilitación sísmica de edificios se definen cuatro niveles de amenaza sísmica, para distintas probabilidades de excedencia en 50 años.

**Tabla 2.**

*Amenazas sísmicas.*

Probabilidad de excedencia en 50 años	Periodo de retorno $T_r$ (años)	Tasa de excedencia (1/ $T_r$ )
2%	2500	0.0004
10%	475	0.00211
20%	225	0.00444
50%	72	0.01389

Fuente: (NEC-SE-RE Riesgo Sísmico, 2014).

### 2.7.3 Determinar del objetivo para la rehabilitación.

Este se establece mediante la “elección de uno o varios pares de niveles sísmicos y de desempeño. Es decir, los grados de daños estructurales y no estructurales que debe alcanzar la edificación cuando esta impactada por sismos de distinto período de retorno” (NEC-SE-RE Riesgo Sísmico, 2014, p. 21).

**Tabla 3.**

*Objetivos de rehabilitación.*

		Niveles de Desempeño Esperado en el Edificio			
		Nivel Operacional (1-A)	Nivel de Ocupación Inmediata (1-B)	Nivel de Seguridad de Vida (3-C)	Nivel de Prevención al Colapso (5-E)
NIVEL DE TERREMOTO	50% / 50 años	a	b	c	d
	20% / 50 años	e	f	g	h
	BSE-1 (10% / 50 años)	i	j	k	
	BSE-2 (2% / 50 años)	m	n	o	p

1.- Cada celda en esta matriz representa un Objetivo de Rehabilitación discreto

2.- Los objetivos de rehabilitación de esta tabla pueden ser usados para representar los siguientes 3 objetivos de rehabilitación

objetivo Básico de Seguridad	<b>K y p</b>
objetivo Avanzado	<b>k y m, n, o p e i ó j</b>
Objetivos Limitados	<b>k y p y a, b, e, ó f m, n, u o sólo k sólo p sólo c, d, g, h, o I sólo</b>

*Nota:* En la tabla se presentan los niveles de desempeño esperados ante los niveles de sismo que ocurran. Fuente: (NEC-SE-RE Riesgo Sísmico, 2014).

La Norma Ecuatoriana de la Construcción en el Capítulo Riesgo sísmico, evaluación, rehabilitación de estructuras establece los siguientes objetivos:

**Estructuras esenciales:** deberán ser rehabilitadas al menos para el objetivo de rehabilitación básica de seguridad (k y p).

**Estructuras de ocupación especial:** deberán ser rehabilitadas para un objetivo limitado (g y l).

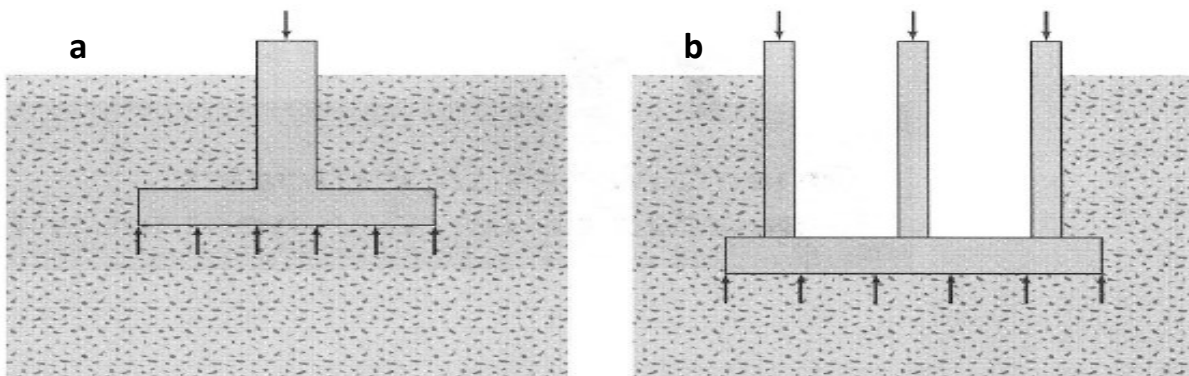
### 2.8 Definición Cimentaciones Superficiales.

Esta tiene la función de transferir la carga hacia el suelo que se cimenta. Un adecuado diseño transferirá las cargas a través del suelo sin exceder la capacidad admisible que tendrá el suelo, sin llegar a asentamientos exagerados o a una falla a cortante del suelo, que podría provocar daños en la edificación (Das B. , 2015, p. 390).

Encontramos dos tipos de cimentaciones: superficiales y profundas, pero en esta sección hablaremos de las cimentaciones superficiales. Para que una cimentación sea superficial, la profundidad de desplante y ancho de cimentación tiene que ser menor o igual a 4 (NEC-SE-GC, 2014).

#### Figura 3.

*Tipos de Zapata Aislada y Losa de Cimentación.*



Fuente: (Das B. , 2015).

### 2.8.1 Concepto de Zapata.

De clase de cimentación superficial (aislada normalmente), que puede ser usada en terrenos homogéneos y de resistencias de compresión altas o medias. Cuyo objetivo será el de transmitir al terreno las tensiones expuestas en la estructura. (CONSTRUMÁTICA, 2016)

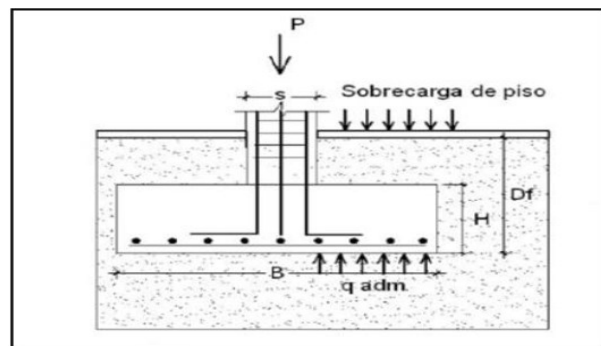
- Tipos de Zapatas:
  - Zapata aislada
  - Zapata combinada
  - Zapata corrida o continua

#### 2.8.1.1 Zapata Aislada.

Aquella que puede cargar un solo pilar o dos pilares por medio de una junta de dilatación, tipo diapasón. (Calavera J. , 2000). Esta zapata aislada es de las más usadas en construcción y variará de acuerdo al tipo del suelo en el que se vaya a edificar la construcción.

#### Figura 4.

Forma de una zapata aislada.



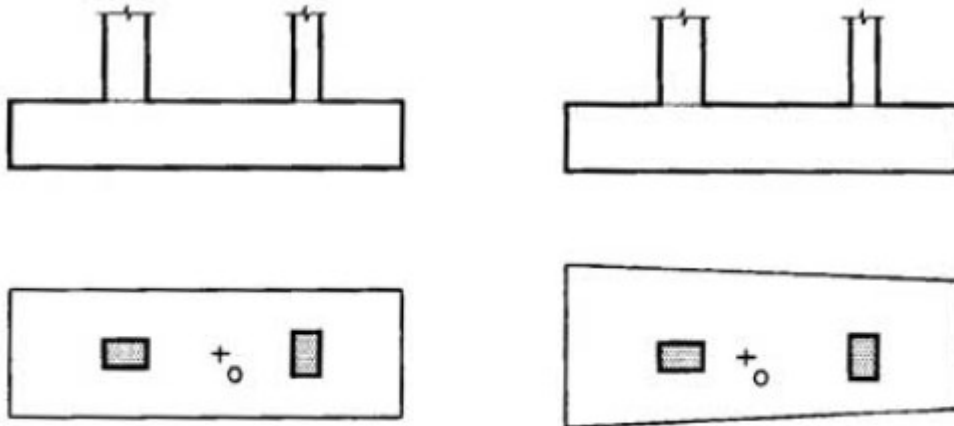
Fuente: (Ascura & Muriel, 2019).

### 2.8.1.2 Zapata Combinada.

Asentado sobre dos pilares. Un buen diseño practico es dimensionar de tal forma que el centro de gravedad de la superficie coincida al de las acciones. Este podría ser mediante: un ancho constante que coincida con el punto por donde pasa la resultante de las cargas de los dos pilares, otro diseño podría ser trapezoidal, pero este tipo de procedimientos no es muy normal, ya que se llega a complicar mucho durante el armado de las varillas por lo que es muy raro su armado (Calavera J. , 2000).

**Figura 5.**

*Zapatas combinadas.*



*Nota:* En la figura se observa una zapata continua de tipo rectangular, y de tipo trapezoidal. Fuente: (Calavera J. , 2000).

### 2.8.1.3 Zapata Continua o Corrida.

Normalmente se encuentran en muros. Pueden ser rectangular, escalonada o estrechada cónicamente. Su diseño estará en relación con: la carga que va a soportar, la resistencia a la compresión del material y el esfuerzo admisible sobre el terreno, además (Ascura & Muriel, 2019,

pág. 19). Así se puede mencionar que este tipo de zapata recibirá una carga lineal que se convertirá en una distribuida en la faja estrecha que se encuentra en contacto con el muro.

## **2.9 Descripción para la rehabilitación.**

### **2.9.1 Características.**

La rehabilitación se puede dar para una nueva ocupación de la edificación existente, para una ampliación o para dar un mejoramiento sobre las condiciones naturales del terreno donde se ubica la construcción. Se pueden definir tres tipos de reforzamiento que se utilizarán de acuerdo a las condiciones del terreno, las necesidades a las que se quiera adaptar la edificación o la condición estructural las cuales son: el refuerzo, la ampliación y la sustitución.

En este sentido si a la estructura se le va a dar un nuevo uso o una ampliación esta deberá soportar nuevas solicitaciones como son: cargas muertas y cargas vivas, en la cual las cimentaciones existentes ya no serán suficientes, y se deberá rehabilitar la nueva superficie de apoyo.

La rehabilitación de cimentaciones superficiales conlleva a que la superficie de transmisión de carga sea más amplia. Para así evitar llegar a cotas muy bajas que puedan suponer cimentaciones profundas (Ascura & Muriel, 2019).

- **Refuerzo:** Utilizada para cuando la cimentación es buena pero los materiales usados para su construcción no fueron de buenas condiciones. Para este refuerzo se puede usar inyección de lechada y la introducción de armadura.
- **Ampliación:** Se realizará cuando el área de apoyo ya no cumpla con los requerimientos de la nueva estructura, a pesar de que la cimentación tenga un aceptable dimensionamiento y este en óptimas condiciones. Existen dos tipos de ampliación verticales y horizontales

- **Sustitución:** Se da este caso cuando la cimentación se halla deteriorada y se debe cambiar completamente. Es posible sustituir zapata aislada como corrida (como se citó por Ascurra y Muriel, Ross 2012, citado por Ascurra y Muriel 2019).

## 2.10 Tipo de rehabilitaciones para cimentaciones superficiales.

Existen varios tipos de recalces de acuerdo a las necesidades de cada estructura. Para hallar la rehabilitación que más se adecúe al proyecto se mencionará las alternativas de reforzamiento de acuerdo a su tipología (Hurtado, 2001). Dentro de los cuales se tiene como soluciones más usuales:

### 2.10.1 Ampliación de Zapata.

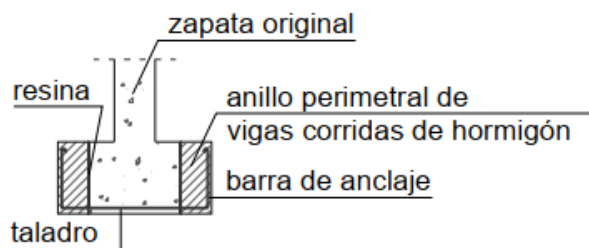
Conocido como método no convencional y se la realiza cuando la zapata existente no cumple con el dimensionamiento que requiere la estructura para una óptima transmisión de cargas o cuando la zapata se encuentra deterioradas. Además, puede suceder que la superficie de la zapata no cumpla debido a tensiones muy elevadas o los materiales que conforman la zapata están muy degradados. Entonces se procederá a la ampliación (Ascura & Muriel, 2019).

Existen cuatro métodos de ensanche de zapata los cuales constan de:

#### 2.10.1.1 Ensanchamiento por construcción de anillo perimetral.

#### Figura 6.

*Recalce por ensanchamiento de la sección.*



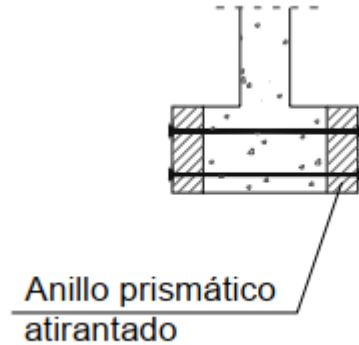
Fuente: (Pérez., 2017)



### 2.10.1.2 Ensanchamiento por construcción de anillo prismático atirantado

**Figura 7.**

*Recalce por ensanchamiento de la sección por anillo prismático.*



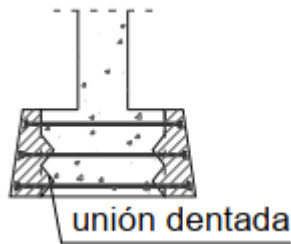
*Nota:* En la figura se puede observar cómo se le aplica Bulones inyectados, tensores o pretensados.

Fuente: Pérez (2017)

### 2.10.1.3 Ensanchamiento por construcción de unión dentada

**Figura 8.**

*Recalce por ensanchamiento por construcción de unión dentada.*

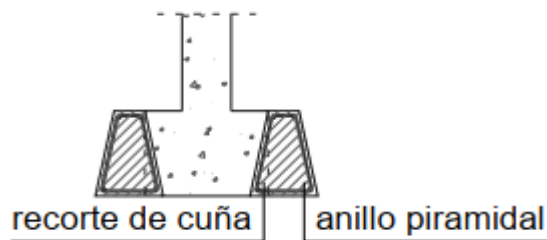


*Nota:* En la figura se puede observar cómo se le aplica tensores o pretensados, acompañado de una unión dentada. Fuente: (Pérez., 2017).

### 2.10.1.4 Ensanchamiento por construcción de Anillo piramidal

## Figura 9.

*Recalce por ensanchamiento de Anillo Piramidal.*



*Nota:* En la figura se puede observar cómo se le aplica un recorte inclinado. Fuente: (Pérez., 2017).

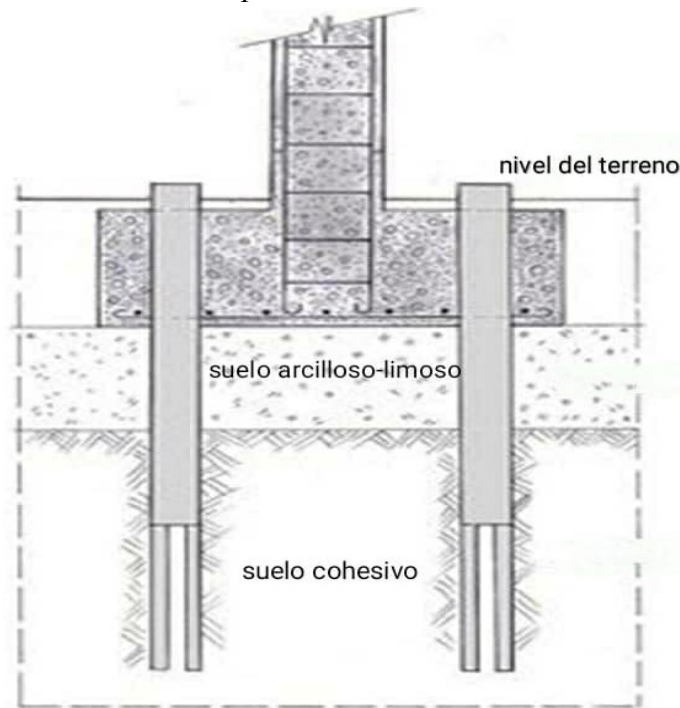
### 2.10.2 Inyección de Micropilotes

Se define como micropilote. A la pieza cilíndrica, que tiene un diámetro mayor a 250 mm, perforado "in situ", armado con tubería de acero, e inyectado con lechada o mortero de cemento y el cual cuenta con una o varias fases. Se caracteriza por llevar armadura tubular de acero, que queda en contacto con el terreno (lechada o mortero) y que es introducida a presión contra el terreno, pudiendo realizarse esta inyección por tramos (Ascura & Muriel, 2019, pág. 26). Así de esta forma se puede decir que la inyección de micropilotes es un método tradicional para el reforzamiento de la estructura.

Por otra parte, cabe mencionar que el armado de micropilotes se hace comúnmente por armadura tubular, barras de acero corrugadas y estribos. En el cual el diámetro de la barra dependerá del cálculo que se realice y de la capacidad que tendrá que resistir (Ascura & Muriel, 2019). Cabe decir que normalmente la resistencia que se usa es de 200 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 10.**

*Recalce de Zapata Mediante Micropilotes.*

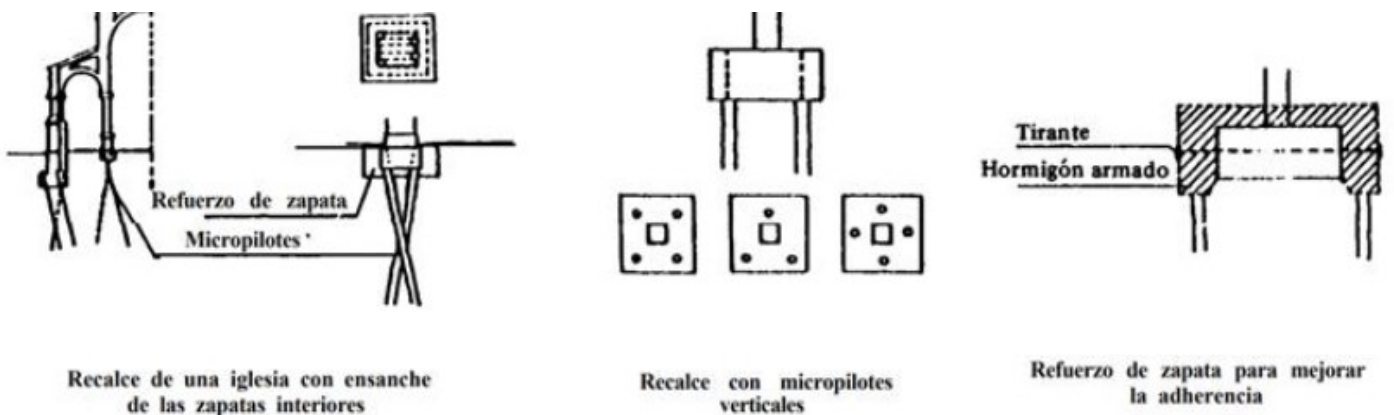


*Nota:* En la figura se puede observar cada estrato por la que se realiza la inyección de micropilotes.

Fuente: (Borja, 2016)

**Figura 11.**

*Alternativas de recalce con Micropilotes.*



*Nota:* en la figura se puede observar el tipo de recalces que se puede aplicar con micropilotes

Fuente: (Chaparro, 1999)

## CAPITULO III

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Investigación Científica

**Investigación Documental:** La investigación documental o bibliográfica es aquella que procura obtener, seleccionar, compilar, organizar, interpretar y analizar información sobre un objeto de estudio a partir de fuentes documentales, tales como libros, documentos de archivo, hemerografía, registros audiovisuales, entre otros, y es característica del método cualitativa (Significados, 2019). Este tipo de investigación, nos ayudará a recopilar datos de forma general. Conocer mediante documentos ya expuestos las alternativas de rehabilitación de cimentaciones y poder saber cuál es la más adecuada. Además, se podrá hacer una mejor modelación tratando de obtener datos lo más cercanos a la realidad gracias a documentos ya publicados y que nos ayuda a mejorar las alternativas de recalce.

**Investigación comparativa:** Consiste en efectuar una comparación lo más exhaustiva posible entre dos o más términos que pueden ser de muy diversa índole para analizar y sintetizar sus diferencias y similitudes. Además, permite abordar problemas como: ¿cuáles son las semejanzas y las diferencias entre dos maneras de entender un determinado fenómeno?, ¿cuáles son las semejanzas y las diferencias en el tratamiento de un mismo tema? (Investigación comparativa - Proyecto de investigación integrado., 2021). Este tipo de investigación, nos ayudará a realizar una comparación entre los métodos de recalce propuestos, y de esa manera poder elegir el más apto a través de costo, tiempo, capacidad estructural y dificultad constructiva, para escoger la mejor propuesta de reforzamiento.

### **3.2 Investigación de Ingeniería Civil.**

Para la realización de este proyecto, se recopilará toda la información que se pueda obtener de la edificación, ya sea planos arquitectónicos, estructurales, estudio de suelos, entre otros para posteriormente realizar una evaluación visual acorde a la NEC-SE-RE, ASCE 41-17, ASCE 41-13, ASCE 31-01 y ACI 562-19 y poder conocer las condiciones en la que se encuentra la edificación actualmente antes de su ampliación, y así asegurar un correcto desarrollo de la rehabilitación.

Posterior a la recopilación de toda la información se procederá a determinar, las cargas que estén actuando sobre la estructura y el uso que tiene la misma. A través del uso nos permitirá determinar las cargas vivas según la norma NEC. Además, se conocerá los elementos estructurales como vigas y columnas, la mampostería, el entrepiso usado, entre otros que conforme las cargas permanentes y conocer la sobrecarga que en realidad esté actuando sobre la edificación.

Al conocer todas las cargas que actúan sobre la edificación tanto como cargas muertas y vivas se procederá a la modelación de la estructura antes de la ampliación. Donde se realizará un análisis a través del espectro de diseño adecuado para la estructura y para la zona de peligro sísmico, en base a la NEC-15, para una posterior evaluación a través de un análisis no lineal estático y un análisis modal espectral utilizando el software ETABS, con el fin de conocer si cumple con las disposiciones de la NEC-SE-HM y la NEC-SE-DS.

Una vez analizado y modelado la superestructura, se procederá con el análisis de las cimentaciones existentes, mediante la modelación en el software SAFE para así poder verificar la capacidad portante admisible máxima del suelo y conocer si cumple con las disposiciones de la NEC-SE-GC. Para lo cual se cuenta con estudio de suelos existente de la zona, y los planos de las cimentaciones recopilados como información de la edificación.

Posterior al análisis y modelación de la superestructura como de la subestructura se procederá a la ampliación de la edificación. Donde la distribución de paredes de los pisos adicionales se basará en la arquitectura de la segunda planta de la edificación. Una vez especificado esto se realizará la modelación de la estructura con ampliación utilizando el software ETABS, con el fin de conocer si cumple con las disposiciones de la NEC-SE-RE, ASCE-41-17, ASCE 41-13, ASCE 31-01 y ACI 562-19.

Luego se procederá analizar los dos tipos de rehabilitación de cimentaciones: el convencional que consiste en el ensanchamiento de la zapata aislada existente, y el no convencional que consiste en la inyección de micropilotes en la zapata aislada existente, para posteriormente escoger la más adecuada que podrá aplicarse en el presente proyecto de estudio y además que cumplan con las normativas NEC-SE-RE y la ASCE-41-17.

## CAPITULO IV

### 4. RECOPIACIÓN DE DATOS Y CLASIFICACIÓN DEL EDIFICIO

#### 4.1 Generalidades

El presente capítulo nos servirá como guía para obtener datos del lugar donde se encuentra la construcción. Cabe mencionar que muchos de los datos que se obtengan pueden estar incompletos o no ser asequibles, por tal motivo se deberá hacer el mayor de los esfuerzos para poder contar con todos los datos disponibles y de esta forma poder evitar las medidas en situ lo cual ayudaría mucho, y las cuales son muy importantes para tener toda información de la construcción ya que son fundamentales para una rehabilitación.

#### 4.2 Recopilación de Información Técnica

Es recomendable que toda la información de la edificación se obtenga antes de una visita en situ para de esta manera corroborar toda la información durante la visita.

##### 4.2.1 Datos de Construcción

Es importante obtener planos arquitectónicos, estructurales y toda memoria de calculo que sea posible ya que esto ayudara a un mejor resultado durante el análisis, pero todo esto resulta muy complejo de obtener ya sea porque son construcciones de hace muchos años atrás o porque son informales y por lo cual se carece de todo tipo de información llegando a dificultar el análisis de la edificación.

##### 4.2.2 Estudio de Suelos

Es muy importante obtener la capacidad portante del suelo, mediante un estudio del suelo del lugar donde se realizará la construcción o de predios aledaños al mismo.

### 4.2.3 Nivel de Sismicidad

Para determinar el nivel de sismicidad de una región, depende de los valores máximos de las aceleraciones registradas en las zonas y del tipo de suelo encontrado en el sitio de la edificación. Cuyos niveles se encuentran clasificados como se indica en la siguiente tabla.

**Tabla 4.**

*Niveles de Sismicidad*

<b>Nivel de Sismicidad</b>	<b>S<sub>DS</sub></b>	<b>S<sub>D1</sub></b>
<b>Baja</b>	<0.167g	<0.067g
<b>Moderada</b>	≥ 0.167g<0.500g	≥ 0.067g<0.200g
<b>Alta</b>	≥ 0.500g	≥ 0.200g

*NOTA:* En esta tabla se indican los niveles de sismicidad, con los parámetros de aceleración del espectro de respuesta de diseño para periodos cortos S<sub>DS</sub> y largos S<sub>D1</sub>. Elaborado por: El autor adaptado a (Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings (41-17), 2017)

### 4.2.4 Detalles de la Edificación

En este punto si no se cuenta o no existe un detallamiento de planos o estos no se encuentren completos, se deberá realizar un detallamiento general del edificio en el emplazamiento, la cual debe contar con:

- Fecha de construcción
- Fotografías del exterior de la edificación
- Número de pisos y altura entrepisos
- Dimensiones de la edificación
- Descripción del sistema estructural (cimentación, vigas, columnas, pórticos, etc.)



- Descripción de los elementos no estructurales que actúen en desempeño sísmico
- Evaluación visual de la condición de la estructura (ver sección 4.3)
- Tipo de edificio (ver sección 4.4)

Cuando no se cuenta con las propiedades de los elementos estructurales de la edificación, se realizan ensayos para poder obtener toda esta información los cuales son: los destructivos y los no destructivos, que permiten obtener todas sus propiedades.

Para conocer las propiedades del hormigón se pueden realizar entre otros ensayos, ensayo de ultrasonidos, extracción de núcleos, ensayo del esclerómetro, entre otros. En el caso del acero para determinar su resistencia se pueden extraer varillas para un ensayo en laboratorio. Cuando no se conoce la cantidad de refuerzo en el elemento estructural una de las alternativas que se pudiera usar es retirar una parte del recubrimiento y así exponer a las varillas para conocer la cantidad de refuerzo, otro tipo de alternativa sería realizar un escaneo magnético.

### **4.3 Evaluación Visual sísmica de la Estructura según NEC-SE-RE. Pre-evento**

#### **4.3.1 Generalidades**

La evaluación visual rápida ayuda a profesionales a evaluar las construcciones existentes y clasificarlas en tres categorías.

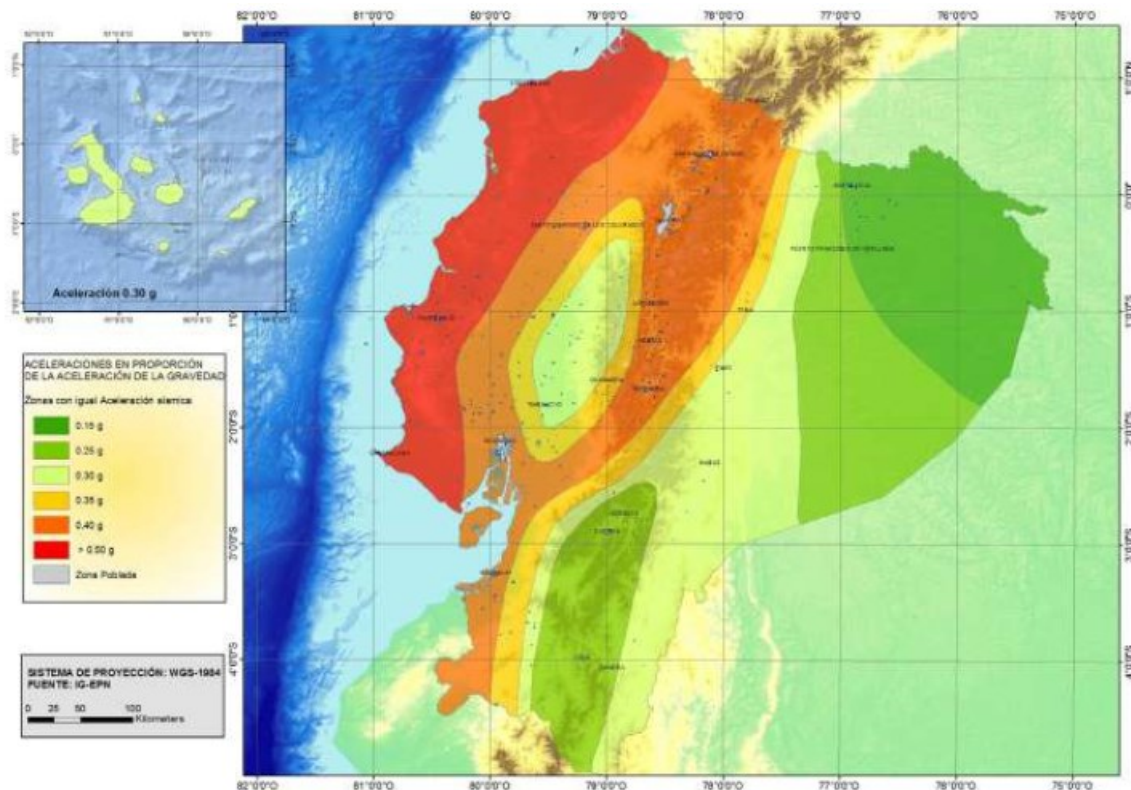
- Vulnerabilidad baja (en daños y seguridad de ocupantes frente al sismo).
- Vulnerabilidad media (dentro de parámetros aceptables).
- Vulnerabilidad alta (necesitan un estudio detallado por un ingeniero experto en estructuras).

En el territorio ecuatoriana la mayor parte se encuentra ubicado en zonas de alto riesgo sísmico por lo cual la mayoría de edificaciones tienen una gran posibilidad de sufrir daños frente a un

evento sísmico. Y por esto se debe tener en cuenta que en estas zonas existen edificaciones que no podrán parar su funcionamiento después de un evento sísmico las cuales son llamadas edificaciones esenciales (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014). Debido a las grandes destrucciones provocadas por los eventos sísmicos a lo largo de la historia del Ecuador se ve la necesidad de tomar precauciones para disminuir los riesgos en las edificaciones

**Figura 12.**

*Zonas sísmicas de Ecuador.*



*Nota:* En la figura se puede observar con diferentes colores las zonas de peligro sísmico de las mas alta a la más baja. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

Para esta evaluación visual el profesional que lo realiza únicamente necesita visitar la edificación donde llenara un formulario el cual se detallara más adelante. Por medio de esta evaluación visual se podrá calificar la edificación y saber en cuál de las tres categorías antes mencionadas se encuentra. Este proceso no necesita de un análisis estructural simplemente requiere recopilar datos que constaran en el formulario y cuyo proceso no demorara más de 15 minutos, este procedimiento nos ayuda a conocer cuáles son las edificaciones más vulnerables ante los eventos sísmicos (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014). Por ellos en esta sección de evaluación visual de vulnerabilidad se centrará en: planificación, recopilación de datos (formulario) e interpretación.

#### **4.3.2 Planificación**

Para realizar este tipo de proceso de evaluación se debe poner en conocimiento a los propietarios de la edificación y el procedimiento de cómo se llevará a cabo. Y cuya planificación de evaluación visual contara con los siguientes (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

1. Realizar un presupuesto
2. Realizar una inspección al lugar donde se va a llevar a cabo la evaluación e identificar el tipo de construcción, tipo de suelo, etc. Y si el presupuesto para el estudio no fuera suficiente se pudiera usar las aplicaciones que ayuden a realizar este procedimiento o usar artículos que cuenten con información necesaria que nos pueda servir.
3. Tener conocimiento del formulario que se va utilizar para la evaluación. Con lo explicado y otros conocimientos adicionales que se nombraran más adelante se obtendrá un puntaje el cual ayuda a conocer si se necesita un estudio más detallado o no.

4. Seleccionar el personal para realizar la evaluación, el cual debe tener conocimiento de tipos de sistemas estructurales, tipos de suelos, comportamiento de la estructura, conocimiento de formulario.
5. Si fuera posible obtener planos arquitectónicos, estructurales para de esta manera facilitar la visita y verificar la información revisada con anterioridad.
6. La visita al campo se deberá por lo menos realizar los siguiente:
  - Verificar información de planos (si se pudieron conseguir)
  - Mirar la edificación y realizar un boceto en elevación y planta
  - Identificar el tipo de ocupación, área y tipo de suelo
  - Identificar tipo de sistema estructural
  - Llenar el formulario durante la visita, para de esta manera evitar que se nos olvide algún dato
  - Revisar el formulario y constatar que todos los campos estos llenos, y a posterior tomar fotos de la edificación

### **4.3.3 Recopilación de datos**

En esta sección se muestra cómo llenar el formulario de la evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica en edificaciones. Como se pudo decir en la sección de planificación, el formulario debe ser llenado mientras se visita la edificación. Como se podrá observar en la figura a continuación esta deber ser llenada con una mínima de escritura y de manera progresiva.

Figura 13.

Formulario de evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica en edificaciones.

EVALUACION VISUAL RAPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES																											
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACION DE LA EDIFICACIÓN</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>DATOS DE LA EDIFICACIÓN:</p> <p>Dirección:</p> <p>Nombre de la edificación:</p> <p>Sitio de referencia:</p> <p>Tipo de uso: <span style="float: right;">Fecha de evaluación:</span></p> <p>Año de construcción: <span style="float: right;">Año de Remodelación:</span></p> <p>Área Construida (m<sup>2</sup>): <span style="float: right;">Número pisos:</span></p> <p>DATOS DEL PROFESIONAL</p> <p>Nombre del evaluador:</p> <p>C. I.</p> <p>Registro SBNESCTT</p> </div> </div>																											
														FOTOGRAFIA													
														TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL													
														Madera	W1	Pártico Hormigón Armado				C1	Pártico Acero Laminado				S1		
														Mampostería sin refuerzo	URM	Pártico H. Armado con muros estructurales				C2	Pártico Acero Laminado con diagonales				S2		
														Mampostería reforzada	RM	Pártico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo				C3	Pártico Acero Doblado en frío				S3		
														Mixta acero-hormigón o mixta madera-hormigón	MX	H. Armado prefabricado				PC	Pártico Acero con paredes mampostería				S4		
PUNTAJES BASICOS, 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	3.8	2.8	1.8	2.7	2.8	1.6	2.4	2.6	3	2	2.8	2														
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														
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN																											
Irregularidad vertical	-2.3	-1	-1	-1.3	-1.3	-1	-1	-1	-1	-1.3	-1.3	-1	-1														
Irregularidad en planta	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3														
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN																											
Pre-código (construido antes de1977) o auto construcción	0	-0.2	-1	-1.2	-1.2	-1	-0.2	-0.3	-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	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6														
Tipo de suelo E	0	-0.8	-0.8	-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 SISMICA																											
S<2.0	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial																										
2.0<S<2.5	Media vulnerabilidad																										
S>2.5	Baja vulnerabilidad																										
Firma responsable de evaluación																											
OBSERVACIONES:																											

Nota: En la siguiente figura se puede observar cada uno de los datos que se debe llenar para la evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica de edificación. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

#### 4.3.4 Información de la edificación

Esta sección del formulario se encuentra en la parte superior derecha de la evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica.

#### Figura 14.

*Información 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 (m2)	Número pisos

*Nota:* En la siguiente figura se muestra la información que se deben llenar de la edificación que está en estudio. Fuente (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Dirección:** Se debe tener la mayor información posible como: código postal, coordenadas (longitud y latitud), numero de la edificación o por lo menos la calle principal y secundaria.

**Nombre de la construcción:** Normalmente en nuestro medio las construcciones tienen nombre y la cual se la colocara en este apartado o de no ser así se pondrá el nombre del propietario o simplemente se lo dejara en blanco.

**Sitio de referencia:** Si se encontrara un lugar de referencia cerca a la edificación se la colocara para de esta manera ayudar a encontrar el lugar con menor dificultad.

**Tipo de uso:** Es de suma importancia definir la ocupación o el uso a la edificación para que de esta manera se pueda dar prioridad ante un proyecto de mitigación de riesgos.

Habrán edificaciones con más de una ocupación, el cual se deberá tomar en cuenta en esta parte del formulario, escribiendo el de uso principal primero, en el caso que no se identificara ninguno de los nueve tipos de uso que se presentan a continuación se deberá indicar en observaciones el tipo de uso de la edificación (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014). A continuación, se presentan los nueve tipos de uso, fáciles de reconocer, que se presentan en una edificación.

- 1) **Asamblea:** lugares públicos de reunión, ejemplo: teatros, auditorios, centros comunitarios, iglesias, salas de espectáculo.
- 2) **Comercial:** Se refiere a: Empresas de cualquier tipo que no entren en otras categorías, edificio de estacionamiento, centros comerciales, restaurantes, instituciones financieras.
- 3) **Servicio de emergencia:** se refieren a edificaciones que dan su servicio ante un evento sísmico, por ejemplo: Estaciones de policía, centro de comunicaciones, casas de salud, hospitales, bomberos.
- 4) **Gobierno:** son todas las edificaciones estatales, que no son considerados de servicio de emergencia.
- 5) **Histórico:** edificaciones consideradas patrimoniales.
- 6) **Industrial:** incluye todo tipo de industria, como fábricas, plantas de ensamblaje, grandes almacenes, bodegas y la industria pesada.
- 7) **Oficina:** son todos los típicos edificios de oficina, casa de oficina y sitio de gestiones.
- 8) **Residencial:** hace referencia a: edificios residenciales, hoteles, moteles, hostales, conjuntos residenciales, hogares para ancianos y discapacitados.
- 9) **Educativo:** hace referencia a todas las instituciones educativas, públicas y privadas: escuelas, colegios, institutos, universidades.

**Fecha de evaluación:** será la fecha en la que se visitó la edificación (año-mes-día).

**Año de construcción:** este parámetro es importante, debido que la edad de la edificación está relacionada directamente con las prácticas de diseño y construcción, que afectará o favorecerá a los resultados finales. Esto se lo puede encontrar en los trabajos de planificación y de no ser así, se lo debe obtener de la visita en situ (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

En este punto se debe tener cuidado, debido que la edificación pudo haber sido diseñada antes de las normativas vigentes. Por lo que podría tener un código antiguo y no presentar especificaciones sismo-resistentes. Si por alguna razón no se puede obtener la edad de la edificación, se deberá tomar una estimación guiándonos de tipo de ocupación, tipo de construcción y su estilo y anotarla como observaciones (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Año de remodelación:** Se debe tomar en cuenta si la edificación ha tenido cambios, debido que esto influirá en las actividades de la presente remodelación, por lo cual también se deberá mencionar en la parte de observaciones.

**Área construida:** Sera de toda la edificación. Si se cuenta con planos será mucho más fácil obtener este dato, caso contrario se deberá estimar de la visita en campo y lo cual también ayudara para dibujar la planta que también es una información que nos pide el formulario y que se indicara más adelante. Las unidades serán en metros cuadrados (m<sup>2</sup>).

**Número de pisos:** El número de pisos puede ser un gran indicador a la hora de conocer la altura de la edificación. La cantidad de daño de la estructura y la gravedad, frente a un sismo, está relacionado con la altura de la edificación y más si están cimentadas sobre un suelo tipo C, D, E o



F como nos presenta la NEC (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

Mucho de los casos se nos puede dificultar contabilizar el número de pisos, como son en edificios aterrizados para lo cual una manera de registrar sería desde un ascensor mirando el número pisos, pero si no se tuviera acceso, se contará desde la parte más baja hasta la parte más alta.

#### 4.3.4.1 Información del Profesional

**Figura 15.**

*Datos del profesional.*

<b>DATOS DEL PROFESIONAL</b>
Nombre del evaluador:
C. I.
Registro SENESCYT

*Nota:* En la siguiente figura se muestra la información que se debe llenar del profesional que realizará la evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica en la edificación. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

#### 4.3.4.2 Esquema estructural en planta y elevación de la edificación.

**Figura 16.**

*Esquema estructural en planta y elevación de la edificación.*

Esquema estructural en planta y elevación en la edificación



VALORACION VISUAL RAPIDA DE VIGILABILIDAD SISMICA DE EDIFICACION	
<b>DATOS DE LA EDIFICACION:</b> Nombre: Número de plantas: Tipo de edificio: Fecha de inicio: Fecha de terminación: Ubicación: Tipo de uso: Tipo de construcción: Tipo de estructura:	
<b>DATOS DEL PROFESIONAL:</b> Nombre completo: R. N.º: Número de colegio:	
FOTOGRAFIA	
ESPECIFICACION DEL SISTEMA ESTRUCTURAL	
Material:	M2 M3 M4 M5 M6 M7 M8 M9 M10 M11
Módulo de elasticidad:	M12 M13 M14 M15 M16 M17 M18 M19 M20 M21
Forma de estructura:	M22 M23 M24 M25 M26 M27 M28 M29 M30 M31
Módulo de inercia:	M32 M33 M34 M35 M36 M37 M38 M39 M40 M41
Módulo de resistencia:	M42 M43 M44 M45 M46 M47 M48 M49 M50 M51
Módulo de tensión:	M52 M53 M54 M55 M56 M57 M58 M59 M60 M61
Módulo de esfuerzo:	M62 M63 M64 M65 M66 M67 M68 M69 M70 M71
Módulo de deformación:	M72 M73 M74 M75 M76 M77 M78 M79 M80 M81
Módulo de elongación:	M82 M83 M84 M85 M86 M87 M88 M89 M90 M91
Módulo de reducción:	M92 M93 M94 M95 M96 M97 M98 M99 M100 M101
Módulo de resistencia:	M102 M103 M104 M105 M106 M107 M108 M109 M110 M111
Módulo de tensión:	M112 M113 M114 M115 M116 M117 M118 M119 M120 M121
Módulo de esfuerzo:	M122 M123 M124 M125 M126 M127 M128 M129 M130 M131
Módulo de deformación:	M132 M133 M134 M135 M136 M137 M138 M139 M140 M141
Módulo de elongación:	M142 M143 M144 M145 M146 M147 M148 M149 M150 M151
Módulo de reducción:	M152 M153 M154 M155 M156 M157 M158 M159 M160 M161
Módulo de resistencia:	M162 M163 M164 M165 M166 M167 M168 M169 M170 M171
Módulo de tensión:	M172 M173 M174 M175 M176 M177 M178 M179 M180 M181
Módulo de esfuerzo:	M182 M183 M184 M185 M186 M187 M188 M189 M190 M191
Módulo de deformación:	M192 M193 M194 M195 M196 M197 M198 M199 M200 M201
Módulo de elongación:	M202 M203 M204 M205 M206 M207 M208 M209 M210 M211
Módulo de reducción:	M212 M213 M214 M215 M216 M217 M218 M219 M220 M221
Módulo de resistencia:	M222 M223 M224 M225 M226 M227 M228 M229 M230 M231
Módulo de tensión:	M232 M233 M234 M235 M236 M237 M238 M239 M240 M241
Módulo de esfuerzo:	M242 M243 M244 M245 M246 M247 M248 M249 M250 M251
Módulo de deformación:	M252 M253 M254 M255 M256 M257 M258 M259 M260 M261
Módulo de elongación:	M262 M263 M264 M265 M266 M267 M268 M269 M270 M271
Módulo de reducción:	M272 M273 M274 M275 M276 M277 M278 M279 M280 M281
Módulo de resistencia:	M282 M283 M284 M285 M286 M287 M288 M289 M290 M291
Módulo de tensión:	M292 M293 M294 M295 M296 M297 M298 M299 M300 M301
Módulo de esfuerzo:	M302 M303 M304 M305 M306 M307 M308 M309 M310 M311
Módulo de deformación:	M312 M313 M314 M315 M316 M317 M318 M319 M320 M321
Módulo de elongación:	M322 M323 M324 M325 M326 M327 M328 M329 M330 M331
Módulo de reducción:	M332 M333 M334 M335 M336 M337 M338 M339 M340 M341
Módulo de resistencia:	M342 M343 M344 M345 M346 M347 M348 M349 M350 M351
Módulo de tensión:	M352 M353 M354 M355 M356 M357 M358 M359 M360 M361
Módulo de esfuerzo:	M362 M363 M364 M365 M366 M367 M368 M369 M370 M371
Módulo de deformación:	M372 M373 M374 M375 M376 M377 M378 M379 M380 M381
Módulo de elongación:	M382 M383 M384 M385 M386 M387 M388 M389 M390 M391
Módulo de reducción:	M392 M393 M394 M395 M396 M397 M398 M399 M400 M401
Módulo de resistencia:	M402 M403 M404 M405 M406 M407 M408 M409 M410 M411
Módulo de tensión:	M412 M413 M414 M415 M416 M417 M418 M419 M420 M421
Módulo de esfuerzo:	M422 M423 M424 M425 M426 M427 M428 M429 M430 M431
Módulo de deformación:	M432 M433 M434 M435 M436 M437 M438 M439 M440 M441
Módulo de elongación:	M442 M443 M444 M445 M446 M447 M448 M449 M450 M451
Módulo de reducción:	M452 M453 M454 M455 M456 M457 M458 M459 M460 M461
Módulo de resistencia:	M462 M463 M464 M465 M466 M467 M468 M469 M470 M471
Módulo de tensión:	M472 M473 M474 M475 M476 M477 M478 M479 M480 M481
Módulo de esfuerzo:	M482 M483 M484 M485 M486 M487 M488 M489 M490 M491
Módulo de deformación:	M492 M493 M494 M495 M496 M497 M498 M499 M500 M501
Módulo de elongación:	M502 M503 M504 M505 M506 M507 M508 M509 M510 M511
Módulo de reducción:	M512 M513 M514 M515 M516 M517 M518 M519 M520 M521
Módulo de resistencia:	M522 M523 M524 M525 M526 M527 M528 M529 M530 M531
Módulo de tensión:	M532 M533 M534 M535 M536 M537 M538 M539 M540 M541
Módulo de esfuerzo:	M542 M543 M544 M545 M546 M547 M548 M549 M550 M551
Módulo de deformación:	M552 M553 M554 M555 M556 M557 M558 M559 M560 M561
Módulo de elongación:	M562 M563 M564 M565 M566 M567 M568 M569 M570 M571
Módulo de reducción:	M572 M573 M574 M575 M576 M577 M578 M579 M580 M581
Módulo de resistencia:	M582 M583 M584 M585 M586 M587 M588 M589 M590 M591
Módulo de tensión:	M592 M593 M594 M595 M596 M597 M598 M599 M600 M601
Módulo de esfuerzo:	M602 M603 M604 M605 M606 M607 M608 M609 M610 M611
Módulo de deformación:	M612 M613 M614 M615 M616 M617 M618 M619 M620 M621
Módulo de elongación:	M622 M623 M624 M625 M626 M627 M628 M629 M630 M631
Módulo de reducción:	M632 M633 M634 M635 M636 M637 M638 M639 M640 M641
Módulo de resistencia:	M642 M643 M644 M645 M646 M647 M648 M649 M650 M651
Módulo de tensión:	M652 M653 M654 M655 M656 M657 M658 M659 M660 M661
Módulo de esfuerzo:	M662 M663 M664 M665 M666 M667 M668 M669 M670 M671
Módulo de deformación:	M672 M673 M674 M675 M676 M677 M678 M679 M680 M681
Módulo de elongación:	M682 M683 M684 M685 M686 M687 M688 M689 M690 M691
Módulo de reducción:	M692 M693 M694 M695 M696 M697 M698 M699 M700 M701
Módulo de resistencia:	M702 M703 M704 M705 M706 M707 M708 M709 M710 M711
Módulo de tensión:	M712 M713 M714 M715 M716 M717 M718 M719 M720 M721
Módulo de esfuerzo:	M722 M723 M724 M725 M726 M727 M728 M729 M730 M731
Módulo de deformación:	M732 M733 M734 M735 M736 M737 M738 M739 M740 M741
Módulo de elongación:	M742 M743 M744 M745 M746 M747 M748 M749 M750 M751
Módulo de reducción:	M752 M753 M754 M755 M756 M757 M758 M759 M760 M761
Módulo de resistencia:	M762 M763 M764 M765 M766 M767 M768 M769 M770 M771
Módulo de tensión:	M772 M773 M774 M775 M776 M777 M778 M779 M780 M781
Módulo de esfuerzo:	M782 M783 M784 M785 M786 M787 M788 M789 M790 M791
Módulo de deformación:	M792 M793 M794 M795 M796 M797 M798 M799 M800 M801
Módulo de elongación:	M802 M803 M804 M805 M806 M807 M808 M809 M810 M811
Módulo de reducción:	M812 M813 M814 M815 M816 M817 M818 M819 M820 M821
Módulo de resistencia:	M822 M823 M824 M825 M826 M827 M828 M829 M830 M831
Módulo de tensión:	M832 M833 M834 M835 M836 M837 M838 M839 M840 M841
Módulo de esfuerzo:	M842 M843 M844 M845 M846 M847 M848 M849 M850 M851
Módulo de deformación:	M852 M853 M854 M855 M856 M857 M858 M859 M860 M861
Módulo de elongación:	M862 M863 M864 M865 M866 M867 M868 M869 M870 M871
Módulo de reducción:	M872 M873 M874 M875 M876 M877 M878 M879 M880 M881
Módulo de resistencia:	M882 M883 M884 M885 M886 M887 M888 M889 M890 M891
Módulo de tensión:	M892 M893 M894 M895 M896 M897 M898 M899 M900 M901
Módulo de esfuerzo:	M902 M903 M904 M905 M906 M907 M908 M909 M910 M911
Módulo de deformación:	M912 M913 M914 M915 M916 M917 M918 M919 M920 M921
Módulo de elongación:	M922 M923 M924 M925 M926 M927 M928 M929 M930 M931
Módulo de reducción:	M932 M933 M934 M935 M936 M937 M938 M939 M940 M941
Módulo de resistencia:	M942 M943 M944 M945 M946 M947 M948 M949 M950 M951
Módulo de tensión:	M952 M953 M954 M955 M956 M957 M958 M959 M960 M961
Módulo de esfuerzo:	M962 M963 M964 M965 M966 M967 M968 M969 M970 M971
Módulo de deformación:	M972 M973 M974 M975 M976 M977 M978 M979 M980 M981
Módulo de elongación:	M982 M983 M984 M985 M986 M987 M988 M989 M990 M991
Módulo de reducción:	M992 M993 M994 M995 M996 M997 M998 M999 M1000 M1001

*Nota:* En la siguiente figura se puede observar donde se deberá colocar el dibujo de planta y elevación de la edificación. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

En este puente las consideraciones a tomar serán: identificar el esquema en planta, la ubicación y en lo posible el área de gradas, para así identificar posibles irregularidades. Al realizar este esquema el evaluador podrá identificar muchos aspectos que tenga esta construcción (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

Las mínimas consideraciones que se deberán indicar en el esquema serán la longitud y ancho y de lo posible realizar un diseño en elevación para conocer las alturas de entrepiso.

### 4.3.4.3 Fotografía de la Edificación.

Figura 17.

Fotografía de la Edificación.

**VALORACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES**

**DATOS DE LA EDIFICACIÓN:**

Nombre: \_\_\_\_\_  
 Ubicación: \_\_\_\_\_  
 Tipo de edificio: \_\_\_\_\_  
 Dirección: \_\_\_\_\_  
 Número de plantas: \_\_\_\_\_  
 Fecha de construcción: \_\_\_\_\_  
 Tipo de estructura: \_\_\_\_\_

**DATOS DEL PROFESIONAL:**

Nombre: \_\_\_\_\_  
 Cédula: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

**ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA ESTRUCTURAL:**

Material de construcción	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Material de muros	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Material de columnas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Material de vigas	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Material de losas	1	2	3	4	5	6	7	8	9

**PUNTAJES BÁSICOS, IDENTIFICACIÓN Y PUNTAJE FINAL:**

Material de construcción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Material de muros	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Material de columnas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Material de vigas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Material de losas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

**DATOS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA:**

Grado de vulnerabilidad: \_\_\_\_\_  
 Nivel de riesgo: \_\_\_\_\_

Nota: En la siguiente figura se puede observar la parte frontal de la edificación (acceso principal).

Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

### 4.3.4.4 Identificación del Sistema Estructural.

La evaluación visual rápida de vulnerabilidad ante un evento sísmico, conlleva que el profesional que se encuentra a cargo es capaz de determinar el sistema estructural de la edificación en estudio. Lo más probable es que el tipo de edificación no se pueda encontrar en la etapa de planeación, antes de la visita de campo. El mejor lugar para identificar el sistema estructural es en las estructuras donde se encuentran los subsuelos. Si por algún motivo, se hace imposible identificar el tipo de edificación o se nos imposibilita el acceso, el evaluador deberá descartar los sistemas que sean impensables para la estructura de estudio y calificar con las posibles opciones

que queden al final (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014). En el territorio ecuatoriano los tipos de estructura se han dividido en 13 grupos para este sistema de evaluación con sus respectivos códigos y se los presenta a continuación.

**Tabla 5.**

*Tipología del sistema estructural implementado para la evaluación.*

TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL					
Madera	W1	Pórtico Hormigón Armado	C1	Pórtico Acero Laminado	S1
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico H. Armado con muros estructurales	C2	Pórtico Acero Laminado con diagonales	S2
Mampostería reforzada	RM	Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo	C3	Pórtico Acero Doblado en frío	S3
Mixta acero-hormigón o mixta madera-hormigón	MX	H. Armado prefabricado	PC	Pórtico Acero Laminado con muros estructurales de hormigón armado	S4
				Pórtico Acero con paredes mampostería	S5

*NOTA:* En la siguiente tabla se puede observar cada uno de las tipologías del sistema estructural que encontramos en el territorio ecuatoriano con su respectivo código. Elaborado por: El adaptado a (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

Además, cabe mencionar que, para cada uno de estos 13 tipos de construcción, se ha determinado un índice de peligro estructural (puntaje básico) que indica la probabilidad de daño y pérdida de una edificación, basándose en FEMA 154 Y 155 y la cual se puede observar en la siguiente tabla.

**Tabla 6.**

*Índice de peligro estructural.*

Tipología del sistema estructural	Puntaje Básico de cada Sistema Estructural													
	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S2	S2	S3	S4	S5	
<b>Puntaje Básico</b>	4.4	1.8	2.8	1.8	2.5	2.8	1.6	2.4	2.6	3	2	2.8	2	

*Nota:* En la siguiente tabla se puede observar el puntaje básico que toma cada tipología estructural según su sistema estructural. Elaborado por: El autor adaptado a (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

A continuación, se explicará brevemente los 13 sistemas estructurales para evaluar la vulnerabilidad de una estructura frente a un sismo.

**Sistema Estructural Madera (W1):** Los elementos estructurales: vigas, columnas, armadura, celosías, bastidores son de madera natural o laminada. La falla que se puede encontrar en este tipo de estructura se da en las uniones de los elementos (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014). Estas estructuras serán de máximo de 1 a dos pisos y ser de peso ligero

**Figura 18.**

*Madera (W1).*



*Nota:* En la figura se puede observar sistemas estructurales construidos en madera. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Sistema Estructural Mampostería sin refuerzo (URM):**

**Figura 19.**

*Mampostería sin refuerzo (URM).*

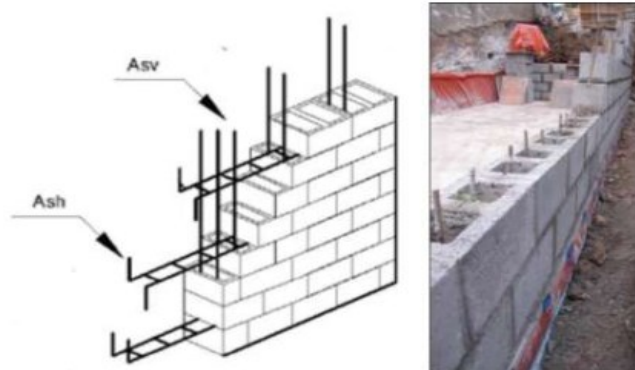


*Nota:* En la figura se puede observar muros de paredes de ladrillo, bloque, adobe, sin refuerzo de varilla de acero. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

### **Sistema Estructural Mampostería Reforzada (RM)**

**Figura 20.**

*Mampostería Reforzada (RM).*



*Nota:* En la figura se puede observar muros de paredes portantes de bloque y ladrillo con varillas de acero de refuerzo horizontal y vertical. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

## **Sistema Estructural Mixto acero-hormigón o mixta madera hormigón (MX)**

**Figura 21.**

*Mixto acero-hormigón o mixta madera hormigón (MX).*



*Nota:* En la figura se puede observar la combinación de elementos estructurales, vigas y columnas de diferente material. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

## **Sistema Estructural Pórtico de Hormigón Armado (C1)**

**Figura 22.**

*Pórticos de Hormigón Armado (C1).*



*Nota:* En la figura se puede observar elementos estructurales vigas y columnas de hormigón armado. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

### **Sistema Estructural Pórtico de Hormigón Armado con Muros Estructurales (C2)**

**Figura 23.**

*Pórticos de Hormigón Armado con Muros Estructurales (C2).*



*Nota:* En la figura se puede observar elementos estructurales vigas, columnas y muros estructurales de hormigón armado a todo lo alto de la edificación. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).



## Sistema Estructural Pórticos de Hormigón Armado con Mampostería Confinada sin Refuerzo (C3)

**Figura 24.**

*Pórticos de Hormigón Armado con Mampostería Confinada sin Refuerzo (C3)*



*Nota:* En la figura se puede observar elementos estructurales vigas y columnas de hormigón armado y muros portantes de mampostería sin varilla de refuerzo. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Sistema Estructural Hormigón Armado Prefabricado (PC):** Las conexiones mal diseñadas pueden fallar en este sistema.

**Figura 25.**

*Pórticos de Hormigón Armado Prefabricado (PC)*

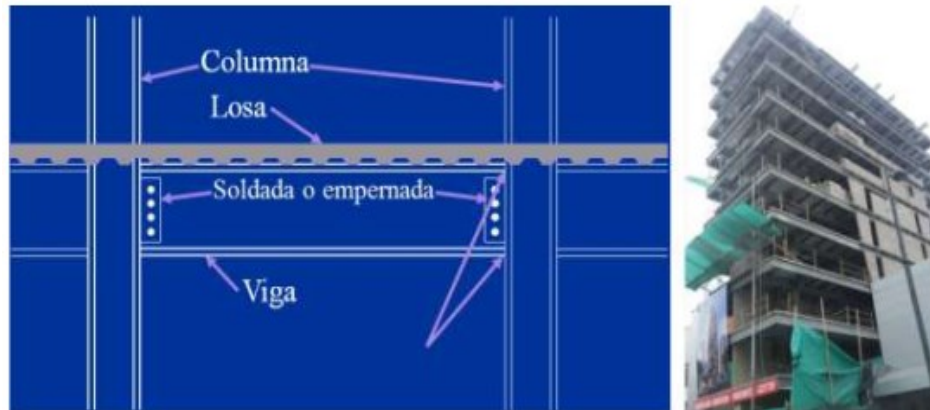


Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Sistema Estructural Pórtico Acero Laminado (S1):** Las fallas más comunes en ese tipo de sistema frente a un sismo se producen en las conexiones.

**Figura 26.**

*Pórtico de Acero Laminado (S1).*



*Nota:* En la figura se puede observar elementos vigas y columnas conformadas por perfiles estructurales laminados en caliente o secciones armadas de placas laminadas en caliente Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Pórtico de Acero Laminado con Diagonales (S2):**

**Figura 27.**

*Tipo de sistema estructural: Pórtico de Acero Laminado con Diagonales (S2).*



*Nota:* En la figura se puede observar pórtico de acero laminado en caliente y diagonales rigidizadores de acero a todo lo alto de la edificación. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

### **Sistema Estructural Pórtico de Acero Doblado en Frío (S3)**

**Figura 28.**

*Pórtico de Acero Doblado en Frío (S3).*



*Nota:* En la figura se puede observar elementos vigas y columnas conformadas por secciones de acero de lámina delgada doblada en frío. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Sistema Estructural Pórtico de Acero Laminado con Muros Estructurales de Hormigón Armado (S4):** En este tipo de sistema estructural las cargas laterales son resistidas por los muros que generalmente se ubica en el caso del ascensor y gradas.

**Figura 29.**

*Pórtico de Acero Laminado con Muros Estructurales de Hormigón Armado (S4).*



*Nota:* En la figura se puede observar pórticos de acero laminado en caliente con muros estructurales de hormigón armado a todo lo alto de la edificación. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Sistema Estructural Pórtico de Acero con Paredes de Mampostería (S5):**

**Figura 30.**

*Pórtico de Acero con Paredes de Mampostería (S5)*



Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

#### 4.3.4.5 Modificadores

Se llamarán modificadores a los principales factores que afectarán el rendimiento de la edificación en estudio. Por lo cual cada uno de estos modificadores tiene un valor que dependerá del tipo de (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014). Cuando un modificador no aplique a ningún tipo de sistema estructural el valor que se le colocara es N/A que significara no aplicable

**Tabla 7.**

#### *Puntajes Básicos, Modificadores y Puntaje Final S*

Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
<b>Puntaje Básico</b>	4.4	1.8	2.8	1.8	2.5	2.8	1.6	2.4	2.6	3	2	2.8	2
<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>IRREGULARIDAD 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 construcción	0	-0.2	-1	-1.2	-1.2	-1	-0.2	-0.8	-1	-0.8	-0.8	-0.8	-0.2
Construido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post código 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

*Nota:* En la siguiente tabla se puede observar los diferentes modificadores con sus respectivas calificaciones que se presentan en el formulario de la evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones. Elaborado por: El autor adaptado a (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

#### 4.3.4.5.1 Altura de la Edificación

Figura 31.

Modificador: *Altura de la Edificación*

<b>ALTURA DE LA EDIFICACIÓN</b>
Baja altura (menor a 4 pisos)
Mediana altura (4 a 7 pisos)
Gran altura (mayor a 7 pisos)

*Nota:* En la figura se puede observar las consideraciones que se deben tener para cada una de las alturas de la edificación. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Baja altura (menor a 4 pisos):** En las edificaciones de hasta 3 pisos se considera que frente a un sismo leve no se genera grandes riesgos.

**Mediana altura (4 a 7 pisos):** Si la edificación tiene de a 4 a 7 pisos se considerará de mediana altura.

**Gran altura (mayora 7 pisos):** Si la edificación es de 8 pisos o más se considerará de gran altura.

### 4.3.4.5.2 Irregularidad en la Edificación

Figura 32.

Modificador: Irregularidad de la edificación

The diagram illustrates the relationship between a simplified classification box and a detailed form. On the left, a box titled 'IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN' lists 'Irregularidad vertical' and 'Irregularidad en planta'. A red arrow points from this box to a specific section in a larger form on the right. The form is titled 'TABLA DE VERIFICACIÓN DE TIPOLOGÍAS DE IRREGULARIDADES EN LA EDIFICACIÓN' and contains various tables and sections for data entry, including 'DATOS DE LA EDIFICACIÓN', 'DATOS DEL PROYECTO', 'DATOS DEL SISTEMA ESTRUCTURAL', and 'PUNTALES VERTICALES, IDENTIFICACIONES Y PARTIDAS PUNTALES'. A red box highlights a specific section within the 'PUNTALES VERTICALES...' table.

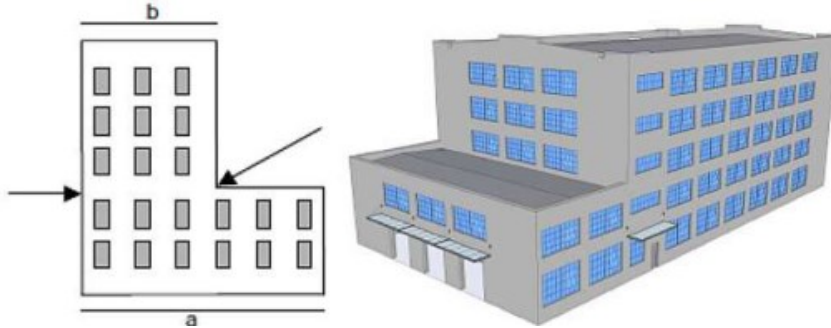
Nota: En la figura se puede observar los tipos de irregularidad que puede tener la edificación y que se debe determinar para completar esta sección del formulario. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Irregularidad Vertical:** A continuación, se muestran irregularidades en elevación que se tienen que señalar en el formulario.

**Irregularidad geométrica:** Se da esta irregularidad cuando la dimensión en planta de cualquier piso es mayor a 1.3 veces la misma dimensión de un piso adyacente, salvo en el caso de los altillos de un solo piso ( $a > 1.3b$ ) (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Figura 33.**

*Irregularidad vertical: Irregularidad geométrica*

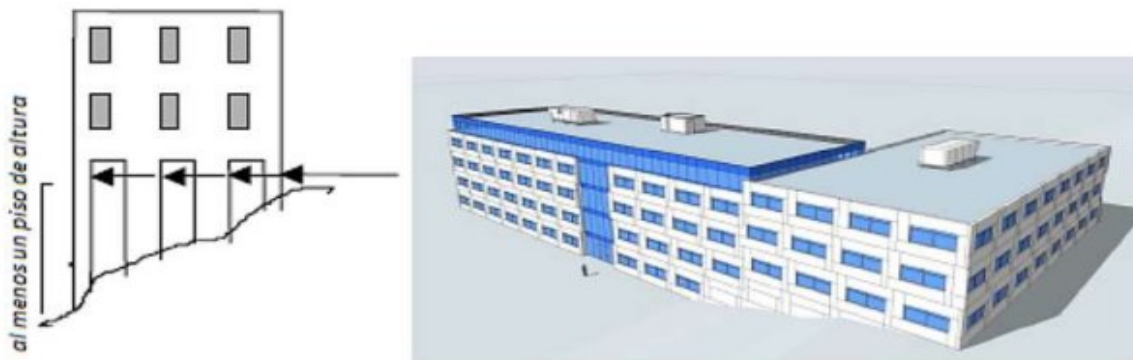


*Nota:* En la figura se observa un edificio con piso adyacente que puede ser una edificación de irregularidad geométrica si cumple con el criterio antes mencionado. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Irregularidad por Ubicación:** Esta irregularidad se da esta irregularidad si la edificación se ubica en un cerro pronunciado, y que a lo largo de la pendiente exista por lo menos un piso de altura.

**Figura 34.**

*Irregularidad vertical: Irregularidad por Ubicación*



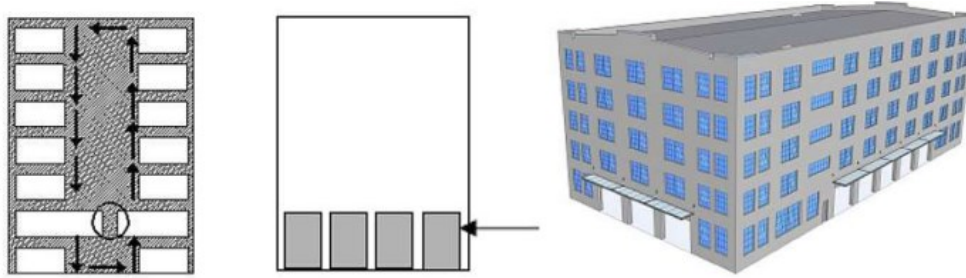
*Nota:* En la figura se observa un edificio con un cerro pronunciado. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).



**Piso Débil:** Se da cuando la rigidez de un piso es notablemente menor que la mayor parte de los demás pisos.

**Figura 35.**

*Irregularidad vertical: Piso Débil*

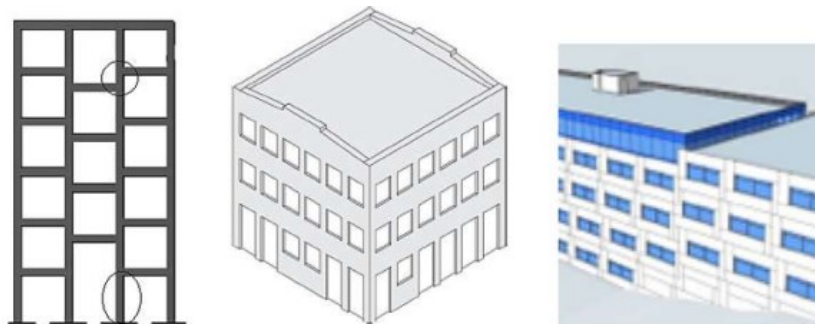


*Nota:* En la figura se puede observar un edificio con irregularidad debido a Piso Débil. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Columna Corta o Larga:** Esta se da cuando se encuentran columnas cortas o muy largas y se localiza comúnmente en el entrepiso.

**Figura 36.**

*Irregularidad vertical: Columna corta o larga*

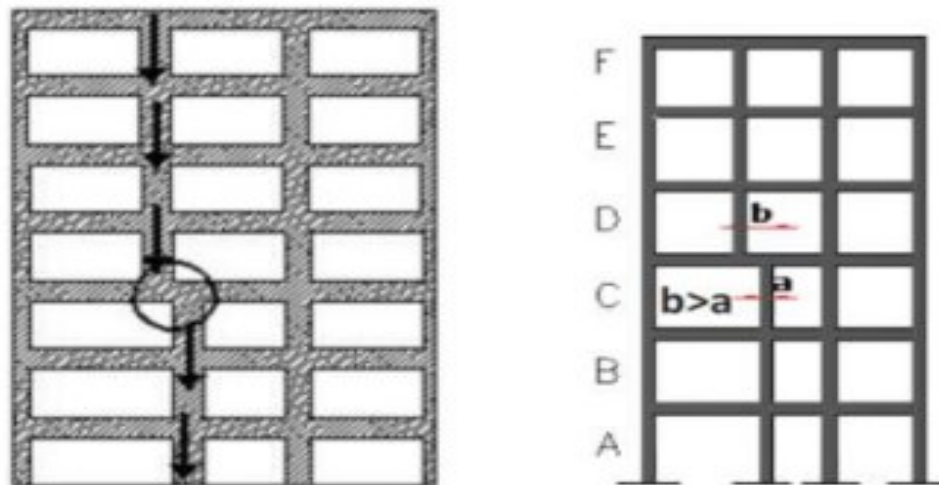


*Nota:* En la figura se puede observar irregularidades debido a columnas cortas y demasiado largas. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Muros soportados por columnas o Ejes verticales discontinuos:** Se da cuando se hallan desplazamientos en la alineación de elementos verticales y estos desplazamientos son más grandes que la dimensión horizontal del elemento (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Figura 37.**

*Irregularidad vertical: Ejes verticales discontinuos o muros soportados por columnas*



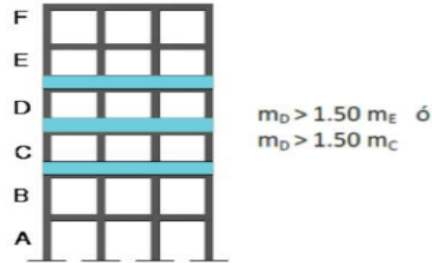
*Nota:* En la figura se observa el desplazamiento en el alineamiento de los elementos verticales.

Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Distribución de Masa:** Se da cuando la masa de un piso es mayor que 1.5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, sin contar con el piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Figura 38.**

*Irregularidad vertical: Distribución de Masas*



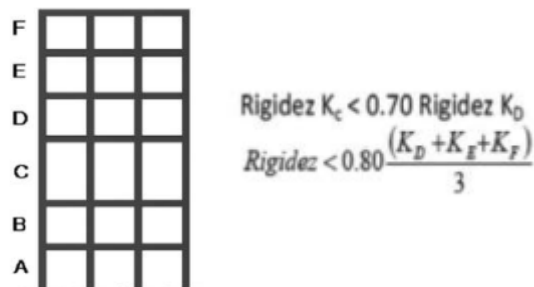
*Nota:* En la figura se puede observar el análisis de distribución de masa de un piso adyacente.

Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Piso Flexible:** Esta sucede cuando la rigidez de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menos el 80% promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Figura 39.**

*Irregularidad vertical: Piso Flexible.*



*Nota:* En la figura se puede observar el análisis de Piso flexible de acuerdo a un piso superior o al promedio de tres pisos superiores. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Adiciones:** Esta irregularidad se da cuando existe una ampliación vertical, por fuera del diseño original de uno o más pisos.

**Figura 40.**

*Irregularidad vertical: Adiciones*



*Nota:* En la figura se puede observar la adición de más pisos y que se encuentra fuera del diseño original. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Irregularidad en Planta:** A continuación, se muestran irregularidades en Planta que se tienen que señalar en el formulario.

**Forma:** esta irregularidad se da cuando su configuración en planta es en forma de cruz o L, T, I, U, E, sin juntas de construcción (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Figura 41.**

*Irregularidad en Planta: Configuración en Planta*

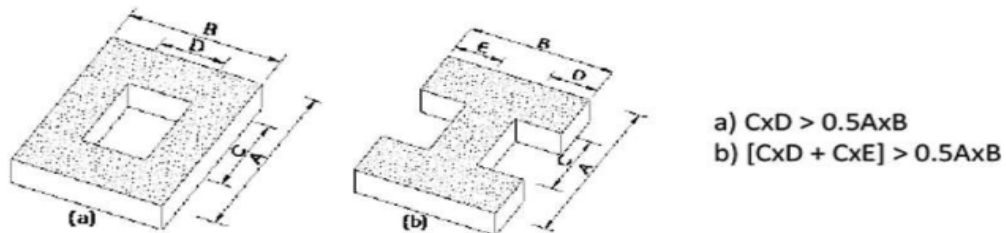


*Nota:* En la figura se puede observar configuraciones en planta de tipo L, T y U. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Discontinuidad en el Sistema de Piso:** esta irregularidad existe cuando hay discontinuidad apreciable o variación de su rigidez en el sistema de piso, ocasionado por entrantes, huecos o aberturas con áreas mayores al 50% del área total del piso (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Figura 42.**

*Irregularidad en Planta: Discontinuidad en el sistema de pisos*



Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Ejes Estructurales no Paralelas:** esta irregularidad se da cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos frente a los ejes ortogonales (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Figura 43.**

*Irregularidad en Planta: Ejes Estructurales no Paralelos.*

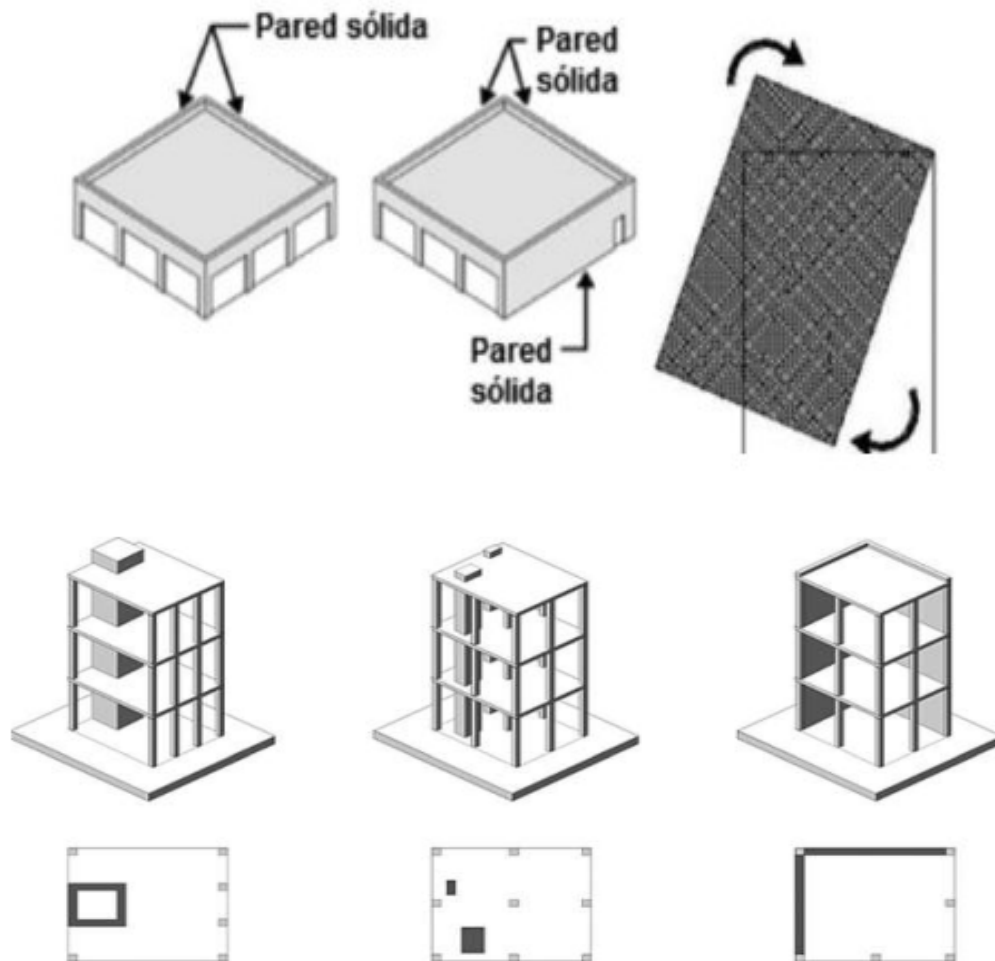


*Nota:* En la figura se puede observar una edificación con ejes estructurales que no son simétricos ni paralelos. Fuente: Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras NEC, (2015).

**Torsional:** Se da esta irregularidad cuando si existe rigidez excéntrica en planta; o cuando el centro de masa no coincide con su centro de rigidez o si presenta una buena resistencia lateral en una dirección y no en las dos; o (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Figura 44.**

*Irregularidad en Planta: Torsional*



*Nota:* En la figura se puede observar las diferentes irregularidades que se presenta en la torsión.

Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**Adiciones:** Esta irregularidad se da cuando existe una ampliación horizontal, por fuera del diseño original sin alguna junta de construcción.

**Figura 45.**

*Irregularidad en Planta: Adiciones*



*Nota:* En la figura se puede observar la adición de manera horizontal y que se encuentra fuera del diseño original, sin su respectiva junta de construcción. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

#### **4.3.4.5.3 Código de la Construcción**

Después de la emisión del Código Americano UBC 1974, se crea el primer código ecuatoriano en 1977 que describe estimación de fuerzas laterales y requisitos de diseño sísmico. Años más tarde se crea el Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC 2001) debido al terremoto ocurrido en Bahía de Caráquez de magnitud 7.1 en el cual se incluyó el primer mapa de zonificación sísmica de Ecuador (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

Hoy en día se encuentra aprobada la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015 el cual presenta un código mejorado con respecto al diseño sismo-resistente de estructuras. Por lo tanto, se considera que toda edificación que se encuentra construida antes de 1977 considerará una respuesta sísmica inestable. Mientras que las edificaciones construidas después del 2001 considerarán una respuesta de diseño sismo-resistente adecuado. (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).



**Pre-código (Construido antes de 1977) o auto construcción:** Se usará este modificador cuando se haya construido antes de 1977 o cuando se haya construido sin un profesional a cargo.

**Construido en Etapa de Transición (entre 1977 y 2001):** Se usará este modificador cuando se haya construido entre estos años (1977 a 2001).

**Post Código Moderno (construida a partir del 2001):** Se usará este modificador para toda edificación construida después del 2001, año en el que se hace referencia al diseño sísmico en el Ecuador

**Figura 46.**

*Modificadores: Código de la Construcción.*

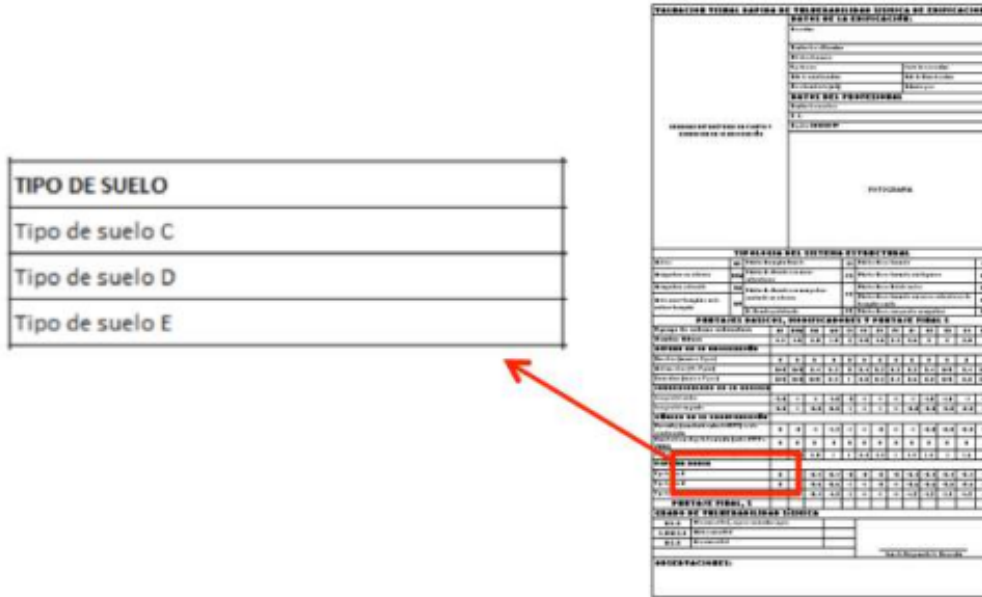


*Nota:* En la figura se puede observar los códigos de la construcción que han surgido en el territorio ecuatoriano desde 1977 a 2015. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

#### 4.3.4.5.4 Tipo de Suelo

Figura 47.

Modificadores: Tipo de Suelos



*Nota:* En la figura se puede observar los tipos de suelos que nos presenta el formulario de evaluación visual rápida. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

En esta sección de modificador tipo de suelo el formulario nos presenta tres tipos de suelo (C, D y E). Sin embargo, la NEC 15 nos presenta 6 tipos de suelo. En la cual el tipo A y B no se consideran pues su afectación no es significativa frente a un sismo, mientras que para un suelo tipo F no se puede hacer una evaluación visual rápido, debido que se requerirá de un ingeniero geotécnico y un ingeniero experto en evaluación de construcciones. (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014). Es por esta razón que para este formulario de evaluación visual rápida se presentará los tres tipos de suelo (C, D y E) y que a continuación mencionará las características de cada tipo como nos presenta la NEC 2015:

**Tabla 8.**

*Tipos de Suelos*

Tipo de Perfil	Descripción	Definición
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100 \text{ Kpa}$
D	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	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$
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	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50 \text{ kPa}$

*Nota:* En la tabla se puede observar la descripción y la definición de cada tipo de suelo que nos presenta el formulario de evaluación visual rápida. Elaborado por: El autor adaptado (NEC-SE-DS Peligro Sísmico, 2014).

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

**Figura 48.**

*Grado de Vulnerabilidad Sísmica*

PUNTAJE FINAL, S	
GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA	
$S < 2.0$	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial
$2.0 > S > 2.5$	Media vulnerabilidad
$S > 2.5$	Baja vulnerabilidad

Este formulario contiene los siguientes campos y secciones:

- DATOS DE LA EDIFICACIÓN:** Nombre, Dirección, Tipo de Edificación, Tipo de Suelo, Uso, Nivel de Ocupación, Tipo de Estructura, Tipo de Muro, Tipo de Piso, Tipo de Techumbre.
- DATOS DEL SUBSTRATO:** Tipo de Suelo, Tipo de Perfil, Tipo de Perfil.
- TIPOLOGÍA DEL SUELO ESTRUCTURAL:** Muro, Tipo de Muro, Tipo de Suelo, Tipo de Perfil, Tipo de Perfil.
- PUNTAJE SÍSMICO, IDENTIFICACIÓN Y PUNTAJE FINAL S:** Puntaje de vulnerabilidad, Puntaje Sísmico, Tipo de Suelo, Tipo de Perfil, Tipo de Perfil.
- GRADO DE VULNERABILIDAD:** Alta vulnerabilidad, Media vulnerabilidad, Baja vulnerabilidad.
- GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA:** Alta vulnerabilidad, Media vulnerabilidad, Baja vulnerabilidad.
- GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA:** Alta vulnerabilidad, Media vulnerabilidad, Baja vulnerabilidad.
- REMARKS:** Observaciones.

*Nota:* En la figura se puede observar los grados de vulnerabilidad sísmica según el puntaje final S, se determina mediante la suma y/o resta de los valores de los modificadores. Si S es mayor de 2.5 será una vulnerabilidad baja, si S esta entre 2 y 2.5 será una vulnerabilidad media y si S es menor que 2 será de vulnerabilidad alta, que requerirá una evaluación especial a cargo de un ingeniero experto. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

Este puntaje final S, es una estimación o probabilidad que tendrá la edificación para colapsar si se produce un evento sísmico, por lo tanto, es una calificación de vulnerabilidad frente a eventos sísmicos (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014). Si como se mencionó en secciones anteriores no se puede determinar la tipología de la estructura se deberá eliminar aquellos sistemas imposibles y se evaluara con las posibles opciones que quedan y al final se tomara el de menor valor para determinar el grado de vulnerabilidad.

### 4.3.4.7 Observaciones

Figura 49.

*Observaciones*

OBSERVACIONES:

EVALUACION VIGILANCIA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES											
DATOS DE LA EDIFICACION											
Nombre:											
Dirección:											
Municipio:											
Provincia:											
País:											
<b>TIPO DE VIGILANCIA</b>											
Tipología:											
<b>INFORMACION DEL SISTEMA ESTRUCTURAL</b>											
Material:	Módulo de Elasticidad										
Resistencia:											
Disipación:											
Forma:											
<b>EVALUACION DE SISTEMAS DE SOSTENIMIENTO DE GABALINOS</b>											
Material:											
Resistencia:											
Disipación:											
<b>EVALUACION DE SISTEMAS DE ACABADO</b>											
Material:											
Resistencia:											
Disipación:											
<b>EVALUACION DE SISTEMAS DE CUBIERTA</b>											
Material:											
Resistencia:											
Disipación:											
<b>PUNTAJE FINAL</b>											
Observación:											
Resistencia:											
Disipación:											
<b>OTROS DATOS ADICIONALES</b>											
Observación:											

*Nota:* En la figura se puede observar la última parte del formulario el cual sirve para anotar las observaciones si el evaluador así lo requiere con respecto a la construcción. Fuente (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

Mirar Anexo 1 para formularios llenados para este método de evaluación.

### **4.3.5 Evaluación Rápida de la Estructura según NEC-SE-RE. Post-Evento.**

#### **4.3.5.1 Método de Evaluación Rápida**

La evaluación rápida se define por inspeccionar en tiempos cortos las edificaciones afectadas en el área de impacto, teniendo en cuenta los criterios básicos que son las condiciones observables en el exterior, son colectivamente suficientes para las decisiones de señalar como una estructura insegura e incluso de usar barricadas para cercar el área. (SGR, PDNU, ECHO, MIDUVI, 2016).

**Tabla 9.**

*Criterios de evaluación rápida*

	CONDICIÓN	ACCIÓN
1	La edificación ha colapsado totalmente, parcialmente o su cimentación se ha visto afectada	SEÑALIZAR INSEGURO
2	La edificación se encuentra fuera de plomo	SEÑALIZAR INSEGURO
3	Daños severos en elementos estructurales importantes, grietas grandes en paredes u otros daños severos	SEÑALIZAR INSEGURO
4	Daños en el antepecho, chimenea o cualquier amenaza que pueda caer desde la edificación.	SEÑALIZAR INSEGURO Y CERCAR EL AREA

5	Severas fisuras, movimientos de suelos, deslaves o hasta incluso derrumbes de material presente	SEÑALIZAR INSEGURO
6	Otras amenazas existentes (Ej. Derrame tóxicos, tuberías de gas rotas, torres de luz derrumbadas)	SEÑALIZAR INSEGURO Y/O CERCAR EL AREA INSEGURA
<p>a) Para llenar el formulario de la evaluación rápida el equipo evaluador deberá determinar el radio del daño (ningún, moderado, o severo) y determinar el tipo de señalización de la misma. La señalización es recomendada deberá ser para la situación severa.</p> <p>b) El cartel de USO RESTRINGIDO se podrá utilizar en ciertas condiciones.</p>		

*Nota:* Los criterios de evaluación rápida nos ayudan a emitir la seguridad de la edificación, el ordenamiento y registro de la información con ello las entidades gubernamentales podrán identificar aquellas edificaciones que se pueden ser utilizadas y también las que son inseguras con sus elementos estructurales que amenazan la vida en cualquier parte de la edificación. Fuente: (Andrade, 2016).

Sabiendo que, si la edificación evaluada no se encuentra en ninguna de las condiciones detalladas, y si es que no existe otra amenaza o condición que inquiete al estado de la estructura, esta podrá ser señalada como INSPECCIONADA. (SGR, PDNU, ECHO, MIDUVI, 2016)

Las estructuras con daños moderados pueden ser difíciles para una evaluación rápida, por ello se recomienda señalar a la misma como USO RESTRINGIDO (las restricciones deben ser indicadas en la pancarta), que se adjunta en la evaluación detallada.

#### **4.3.5.2 Procedimiento de la evaluación rápida.**

Dado que los métodos de evaluación rápida están elaborados para encontrar rápidamente daños graves en las edificaciones y el personal debe ser brevemente capacitado para que sus

evaluaciones deben ser limitadas y breves. Los inspectores tienen la obligación de observar para determinar las posibles fallas estructurales, en el suelo como puede ser los deslizamientos y cualquier tipo de peligro que amenace la edificación. (SGR, PDNU, ECHO, MIDUVI, 2016)

### **Pasos para la inspección rápida:**

1. Examinar toda la parte exterior de la estructura.
2. Examinar el suelo y pavimento en búsqueda de fisuras, asentamiento o cualquier señal de movimiento de tierra alrededor de la estructura.
3. Entrar a la edificación solamente cuando la estructura no pueda ser visualizada totalmente desde el exterior y/o cuando existen sospechas de problemas no estructurales (Ej. Techos o paredes dañadas). **NUNCA ENTRAR DIRECTAMENTE A ESTRUCTURAS AFECTADAS.**
4. Evaluar la estructura utilizando los seis criterios (tabla 9), completar los formularios correspondientes (EVALUACION RAPIDA). Asegurar que las salidas de emergencias pueden ser usadas y se encuentren libres. Si tiene dudas es preferible esperar y realizar una EVALUACION DETALLADA. Detallar todas las restricciones que se deben aplicar a la estructura en el formato de la Evaluación Rápida.
5. Señalizar la estructura acorde a los resultados de la evaluación. Utilizar una de las tres señales de pancarta (INSPECCIONADA, USO RESTRINGIDO O INSEGURO). Detallar en la pancarta de señalización si la inspección es “exterior” o “exterior e interior” poniendo un visto en el espacio correspondiente. Señalar todas las entradas clasificadas como USO RESTRINGIDO O INSEGURO (excepto edificaciones unifamiliares).
6. Si es que es posible, se recomienda explicar a los inquilinos/habitantes el significado de las señales de pancarta de USO RESTRINGIDO o INSEGURO. Es necesario comentarles

que deben salir y alejarse inmediatamente de las estructuras inseguras, y que no es necesario crear pánico. Las áreas inseguras también deben ser evacuadas.

#### **4.3.5.3 Guías para ingresar a una edificación.**

Antes del procedimiento de inspección rápida que es solo por exteriores, también existen casos en que los inspectores deben ingresar a la edificación como, por ejemplo:

- Cuando exista sospecha de daños internos de la edificación.
- Cuando los daños internos sean visibles desde el exterior.
- Cuando desde el exterior no se pueda visualizar suficiente el interior de la edificación.
- Comunicarse con el administrador o los ocupantes de edificaciones grandes. (SGR, PDNU, ECHO, MIDUVI, 2016)

Cuando se culmina el proceso de Evaluación Rápida, la inspección por dentro es breve y sencilla. Tener en cuenta que no se debe ingresar a las edificaciones sin permiso del dueño de la misma, a menos que exista una orden por parte de la jurisdicción local que autorice el ingreso y la inspección. No se debe ingresar a edificaciones con obvias afectaciones estructurales.

#### **4.3.5.4 Instrucciones de llenado de pancartas y formularios.**

##### **4.3.5.4.1 Pancartas**

El evaluador debe señalar la estructura acorde a los resultados de la evaluación, las tres señales de pancarta que se puede utilizar son: INSPECCIONADA, USO RESTRINGIDO o INSEGURO, donde se debe detallar en la pancarta de señalización si la inspección es “exterior” o “exterior e interior” poniendo un visto en el espacio correspondiente y señalar todas las entradas clasificadas como USO RESTRINGIDO o INSEGURO (excepto edificaciones unifamiliares). (SGR, PDNU, ECHO, MIDUVI, 2016).



### **Aspectos importantes para llenar pancartas y formularios:**

- Seguir las direcciones que brinda la jurisdicción local. Completar y llenar todas las pancartas y formularios que se exija por parte de la misma.
- Las restricciones detalladas en las pancartas de USO RESTRINGIDO deben ser reescritas palabra por palabra en el formulario de evaluación rápida
- Los formularios deben ser llenados de forma nítida y legible, es recomendable imprimir los formularios para facilitar la lectura.
- Siempre asegurarse que la dirección sea la correcta. No confundir el número de casa o el número/nombre de la calle.
- Los formularios completos se deben entregar a la jurisdicción local para tomar las acciones pertinentes.
- El cartel de USO Restringido se podrá utilizar solo en condiciones en las que realmente se estime necesario. (SGR, PDNU, ECHO, MIDUVI, 2016)

La pancarta es simplemente un indicador del estado de seguridad de la estructura, no es un indicador del costo en pérdidas.

**Figura 50.**

*Pancartas de inspección INSPECCIONADA, USO RESTRINGIDO e INSEGURO*

<b>INSPECCIONADO</b> OCUPACIÓN LEGALMENTE PERMITIDA		<b>USO RESTRINGIDO</b>	
<p>La estructura ha sido inspeccionada (como se indica abajo) y no existe aparente daños estructurales o amenazas.</p> <p><input type="checkbox"/> Inspección Exterior  <input type="checkbox"/> Inspección Exterior e Interior</p> <p>Reportar cualquier condición de inseguridad a la jurisdicción local, puede ser requerida una re-inspección.                  Comentarios del Inspector:</p> <p>_____                  _____</p> <p><b>Nombre de la instalación y Dirección:</b></p> <p>_____</p> <p style="text-align: center; font-size: small;">Prohibido remover, alterar o cubrir esta pancarta sin la debida autorización de las Autoridades Gubernamentales</p>	<p><b>Fecha:</b> _____  <b>Hora:</b> _____</p> <p><b>Precaución:</b> Las réplicas sísmicas pueden aumentar los daños y riesgos</p> <p><b>Esta instalación fue inspeccionada en condiciones de emergencia por:</b></p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;"><b>Jurisdicción</b></p> <p>_____</p> <p><b>CI Inspector / Agencia:</b></p> <p>_____</p>	<p><b>Precaución:</b> Esta edificación ha sido inspeccionada y se ha determinado que existen los siguientes daños:</p> <p>_____</p> <p><b>Precaución:</b> Las réplicas sísmicas pueden aumentar los daños y riesgos</p> <p><b>Los siguientes ingresos y/a área de ocupación se encuentran legalmente restringidos:</b></p> <p><input type="checkbox"/> No ingresar a las siguientes áreas:</p> <p>_____</p> <p><input type="checkbox"/> Cortos ingresos permitidos para obtener acceso a contenedores:</p> <p>_____</p> <p><input type="checkbox"/> Otras restricciones:</p> <p>_____</p> <p><b>Nombre de la instalación y Dirección:</b></p> <p>_____</p> <p style="text-align: center; font-size: small;">Prohibido remover, alterar o cubrir esta pancarta sin la debida autorización de las Autoridades Gubernamentales</p>	<p><b>Fecha:</b> _____  <b>Hora:</b> _____</p> <p><b>Precaución:</b> Las réplicas sísmicas pueden aumentar los daños y riesgos</p> <p><b>Esta instalación fue inspeccionada en condiciones de emergencia por:</b></p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;"><b>Jurisdicción</b></p> <p>_____</p> <p><b>CI Inspector / Agencia:</b></p> <p>_____</p>
<b>INSEGURO</b> PROHIBIDO EL INGRESO Y OCUPACIÓN (ESTA PANCARTA NO ES UNA ORDEN DE DEMOLICIÓN)			
<p>La estructura se encuentra inspeccionada y se determinaron serios daños y amenaza estructural. Es insegura su ocupación como se indica:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>No ingresar a la edificación a menos que exista una autorización escrita por parte de la jurisdicción local. El ingreso a la misma puede provocar lesiones y hasta muerte.</p> <p><b>Nombre de la instalación y Dirección:</b></p> <p>_____</p> <p style="text-align: center; font-size: small;">Prohibido remover, alterar o cubrir esta pancarta sin la debida autorización de las Autoridades Gubernamentales</p>		<p><b>Fecha:</b> _____  <b>Hora:</b> _____</p> <p><b>Esta instalación fue inspeccionada en condiciones de emergencia por:</b></p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;"><b>Jurisdicción</b></p> <p>_____</p> <p><b>CI Inspector / Agencia:</b></p> <p>_____</p>	

*Nota:* Estos son los formatos que se deben detallar por parte del inspector para el uso de dueños y moradores de las edificaciones. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

**4.3.5.4.2 Formulario**

La estimación de daños en el formulario de la evaluación rápida, que se deben llenar con los porcentajes de daños estructurales, al colocar en el espacio y no es considerada en la parte de la evaluación estructural, en los requerimientos solicitados por la jurisdicción local.

**Figura 51.**

*Formulario de Evaluación Rápida*

Formulario de Evaluación Rápida

**Inspección**

CI Inspector: \_\_\_\_\_ Hora y Lugar de la Inspección: \_\_\_\_\_  AM  PM

Afiliación: \_\_\_\_\_ Áreas Inspeccionadas:  Solo Exterior  Exterior e Interior

**Descripción de la Edificación**

Nombre de la edificación: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

# tel de contacto celular de la edificación: \_\_\_\_\_

Número de pisos sobre el suelo: \_\_\_\_\_ Subsuelos: \_\_\_\_\_

Área en planta (m2 o ft2): \_\_\_\_\_

Número de residencias habitadas: \_\_\_\_\_

Número de residencias no habitadas: \_\_\_\_\_

**Tipo de Construcción**

Estructura de madera  Estructura con muros de hormigón

Estructura metálica  Mampostera sin Refuerzo Estructural

Estructura modular prefabricada  Mampostera con Refuerzo Estructural

Estructura de hormigón  Otros \_\_\_\_\_

**Tipo de Ocupación**

Familiar  Comercial  Gubernamental

Otro tipo de residencia  Oficinas  Histórico

Asamblea Pública  Industrial  Colegios

Servicios de emergencia  Otros \_\_\_\_\_

**Evaluación**

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

Condiciones Observadas:

	Poca/Ninguna	Moderada	Severa	Excluye Contenidos
Cotapso total, parcial o su cimentación afectada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Ninguno
Edificación fuera de plomo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 0-1%
Agrietamiento en muros u otro daño estructural	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1-10%
Daños en paredes, chimenea u otro elemento que amenace con caer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 10-30%
Movimientos, derrumbes, agrietamientos del suelo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 30-60%
Otro (Especificar): _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 60-100%
				<input type="checkbox"/> 100%

Comentarios: \_\_\_\_\_

**Estimación de Daños**

**Marcación**

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

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

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

\_\_\_\_\_

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

Uso de barricadas en las siguientes áreas: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Recomienda Evaluación Detallada  Estructural  Geotécnica  Otra: \_\_\_\_\_

Otra recomendación: \_\_\_\_\_

Comentarios \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Nota:** En la figura se observa las secciones que deben llenar por esta Evaluación. Fuente: (Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC, 2014).

#### 4.3.5.5 Evaluaciones de Seguridad Conservadoras vs. Pocas conservadoras.

La señalización de la estructura es muy importante para todas las personas que se desplazan dentro y fuera de ellas, se debe evitar marcaciones excesivamente conservadoras, también cuando existan dudas se debe solicitar una Evaluación Detallada (SGR, PDNU, ECHO, MIDUVI, 2016).

Ejemplos de estructuras inseguras utilizando los criterios de Evaluación Rápida.

- **Condición 1:** Colapso, Colapso Parcial o cimentación levantada. **Señalizar:** Inseguro
- **Condición 2:** Edificación fuera de plomo. **Señalizar:** Inseguro
- **Condición 3:** Daños severos en elementos estructurales importantes, grietas grandes en paredes u otros daños severos. **Señalizar:** Inseguro
- **Condición 4:** Chimeneas o cualquier amenaza que pueda caer. **Señalizar:** Uso restringido y cercar el área insegura.
- **Condición 5:** Daño estructural producido por movimiento del suelo o cimentación. **Señalizar:** Inseguro.
- **Condición 6:** Otras amenazas (el tanque de propano fuera de su base). Cercar el área insegura. (SGR, PDNU, ECHO, MIDUVI, 2016)

#### 4.3.6 Método Detallado para Evaluación

Para utilizar el método de evaluación detallada, es para determinar el estado de seguridad de las edificaciones, con afectaciones estructurales erróneas, las edificaciones son previamente evaluadas como USO RESTRINGIDO o INSEGURAS, a la espera de una evaluación adicional con este método se basa en una evaluación visual realizada por inspectores o ingenieros estructurales calificados que tienen como objetivo determinar si la estructura es segura para el uso, con ello se debe determinar que parte o todo completo de la edificación debería cerrarse (Andrade, 2016) Al aplicarse la evaluación detallada por la infraestructura, se relaciona con los

impactos estructurales e idealmente esta esta evaluación se debe ser realizada por un equipo de al menos de dos ingenieros estructurales, si la falla es profunda se requiere inspectores y poder detallar el error.

#### **4.3.6.1 Criterios para la Evaluación Detallada**

Es importante evitar ser demasiado conservativos con las edificaciones, pero nunca se debe de exponer a ningún riesgo a los ocupantes de la edificación, después de determinar el proyecto apropiado para el tipo de edificio o estructural, se debe completar una evaluación del estado de la estructura y sus marcas.

Las secciones enumeradas especifican las principales preocupaciones para cada tipo de edificio o proyecto, siendo consejos sobre la evaluación de las estructuras como por ejemplo Para estructuras de bloque con grietas grandes y señalar con la pancarta INSEGURO, la amenaza debe ser lo suficientemente detallada y peligrosa para categorizarlo como inseguro, En el caso de que la amenaza no sea tan peligrosa es recomendable usar la pancarta de USO RESTRINGIDO y así restringir el acceso a las áreas donde exista peligro (Andrade, 2016).

Las guías para llevar a cabo a la Evaluación Detallada de diferentes tipos de construcción, amenazas geotécnicas y elementos no estructurales.

- Estructura de Madera
- Estructura de Bloque
- Estructuras Modulares Prefabricadas
- Estructuras de Hormigón
- Estructuras de Acero
- Casas móviles

- Amenazas Geotécnicas
- Amenazas de tipo No Estructural

#### 4.3.6.2 Marcación para evaluaciones detalladas

Los criterios que se utilizan para llevar a cabo la Evaluación Detallada:

**Tabla 10.**

*Clasificación de las edificaciones evaluadas*

<b>Clasificación de las Pancartas</b>	<b>Descripción</b>
<b>Inspeccionado (Verde)</b>	Aparentemente no existe ningún peligro, sin embargo, reparaciones leves de la edificación pueden ser requeridas. La resistencia sísmica de la estructura no se ha visto afectada. <b>No existe ningún tipo de restricción en el uso de la estructura.</b>
<b>Uso Restringido (Amarillo)</b>	Existe alguna amenaza o condición en la edificación que obliga a restringir su uso. <b>La entrada a la edificación y el uso restringido de la misma se indican en la pancarta.</b>
<b>Inseguro (Rojo)</b>	Existen inminentes amenazas y afectaciones estructurales severas en la edificación. Debido al estado de la estructura puede que exista riesgo a colapso, producto de réplicas sísmicas ocurridas en lo posterior. <b>En este caso es</b>

	<b>inseguro ocupar y/o ingresar a la estructura exceptuando a las personas calificadas como por ejemplo los inspectores de edificaciones.</b>
--	---

*Nota:* Sabiendo que los colores especificados son para pancartas de marcación, y también recordar que al momento de marcar una edificación como insegura no significa la demolición. Fuente: (Andrade, 2016).

#### **4.3.6.2.1 Inspeccionada**

No existen restricciones para el uso u ocupación, todas las condiciones deben cumplirse:

1. El sistema estructural de la edificación no ha sido significativamente afectado (ej. El sistema de cargas vertical y lateral está intacto, sin daños significantes)
2. No existen amenazas o material que puedan caer de la estructura.
3. No existe evidencia de daños en la cimentación o movimientos en el suelo.
4. Las salidas principales son operables y accesibles. No existe ninguna otra aparente condición de inseguridad estructural (Andrade, 2016).

#### **4.4.2.2.2 Uso Restringido**

Para poder cumplir el uso restringido, debe cumplir con las siguientes condiciones:

1. Una amenaza estructural o de cualquier otro tipo que limite el ingreso o uso de una o varias partes de la edificación.
2. Inseguridad acerca del estado estructural de la edificación que solamente podrá ser resuelta con evaluaciones futuras (Andrade, 2016).

#### **4.4.2.2.3 Inseguro**

Para poder cumplir con ser inseguro, debe cumplir con las siguientes condiciones:

1. Amenazas estructurales obvias (ej. Edificaciones fuera de plomo, estructuras parcialmente colapsadas) que requieren la prohibición total al ingreso de las mismas.
2. El grado de los daños estructurales es tal que es inseguro ingresar u ocupar la edificación.
3. Otra condición de inseguridad (ej. Derrame de material toxico, deslizamiento de suelos) que requiera la prohibición total de la edificación (Andrade, 2016).

#### **4.4.2.3 Procedimiento para evaluación detallada**

Sabiendo que la evaluación detallada es visual, tanto interior como exterior, de los daños estructurales, el cual posee varios pasos que son (Andrade, 2016):

##### **Paso 1: Análisis Exterior de la Edificación.**

- Tratar de determinar el sistema estructural.
- El ingreso a estructuras señalizadas como Inseguras es prohibido a menos de que se tenga un permiso del departamento local de construcción.
- Examinar los posibles daños estructurales en todos sus lados, particularmente en las discontinuidades verticales y en zonas de irregularidad estructural.
- Examinar elementos no estructurales, antepechos, fachadas, paredes o cualquier señal de afectación en la edificación.
- Buscar grietas o fracturas en la cimentación o en los muros de planta baja o subsuelos.

##### **Paso 2: Examinar el sitio en Búsqueda de Amenazas Geotécnicas.**

- Precaver que las amenazas geotécnicas pueden extenderse en grandes áreas que involucren una o más edificaciones.



- Buscar fisuras, hundimientos o desplazamientos verticales de suelos en el área de interés.
- En zonas montañosas o con pendiente es necesario examinar el área en búsqueda de movimientos de suelos o derrumbes.
- Cuando existan sospechas de amenazas geotécnicas, la Evaluación Detallada se deberá llevar a cabo con al menos un Ingeniero Geotécnico calificado dentro del equipo de trabajo de inspección.

### **Paso 3: Inspeccionar el Sistema Estructural de la Edificación desde su Interior.**

- Antes de ingresar a la edificación, verificar que no existan amenazas de tipo caída de material o colapso estructural. Nunca ingresar a una edificación de manera obvia e irresponsable.
- En ciertos casos el cielo raso o techo falso podrá ser removido con el fin de observar el sistema estructural desde adentro. Para cualquier exploración que incluya algún tipo de destrucción será necesaria la aprobación del dueño de la edificación.
- Verificar el sistema estructural en las escaleras, subsuelo, cuartos de máquinas y otras áreas de importancia.
- Examinar el sistema de cargas verticales. Analizar las posibles situaciones; columnas puedan mostrar signos de fallo estructural, losas o techos que se han empezado a desconectar de sus soportes verticales, fallos en las secciones estructurales tipo viga o losa.
- Examinar el sistema estructural resistente a cargas laterales. Cualquier deriva residual entre pisos es un indicador de que han incurrido daños estructurales.

- Inspeccionar posibles fracturas o asentamiento diferenciado en los subsuelos. También se recomienda inspeccionar agrietamientos en losas y paredes exteriores de los subsuelos.
- Examinar todos los pisos: subsuelos, techo y hasta los pent-house.

#### **Paso 4: Inspeccionar Amenazas No Estructurales.**

- En el interior de la estructura es necesario analizar los daños no estructurales, es decir cielo raso, divisiones, paredes no estructurales entre otras. En el caso que existan afectaciones en las paredes exteriores es necesario revisar las respectivas conexiones.

#### **Paso 5: Inspeccionar Otras Amenazas.**

- Si es que existe cualquier tipo de amenaza que pueda afectar la operación segura de los ascensores es necesario esperar a una persona calificada para el efecto que pueda inspeccionar y verificar el estado de operación de los ascensores previo a la restauración de funcionamiento.
- Buscar derrames o goteras de materiales tóxicos especialmente en zonas donde almacenan químicos.
- Si existen daños en el sistema antincendios, incluyendo afectaciones en equipo, podría ser necesario restringir el uso de la edificación. Notificar a la jurisdicción local.
- Inspeccionar el estado estructural de las escaleras, revisar la accesibilidad de las salidas de emergencia (Ej. Puertas obstruidas).

#### **Paso 6: Completar con el Formato de Inspección y Señalización de la Estructura**

- Evaluar la estructura y completar el formato de la evaluación detallada.

- Indicar si es necesario realizar acciones complementarias como por ejemplo arristrar ciertos elementos estructurales.
- Marcar a la estructura de acuerdo a los resultados de la evaluación. Colocar una de lastres pancartas de marcación existentes (INSPECCIONADO, USO RESTRINGIDO o INSEGURO). En el caso de edificaciones evaluadas como USO RESTRINGIDO o INSEGURO, excepto para casas unifamiliares, las pancartas deben ser colocadas al ingreso de las mismas.
- Explicar a los ocupantes el significado de las pancartas USO RESTRINGIDO o INSEGURO. Aconsejarles salir de las áreas inseguras inmediatamente (Andrade, 2016).

#### **4.4.2.4 Estimación de Daños**

El formato de evaluación detallada tiene un espacio donde puede indicar los porcentajes estimados de pérdida, donde la estimación de daños suele ser opcional, y no por ser parte de la evaluación estructural de la edificación al menos que exista un pedido específico de parte del departamento de construcción, las pancartas de seguro, uso restringido e inseguro, no son indicadores de pérdida en porcentajes por el estado de seguridad de la edificación.

#### **4.4.2.5 Sistemas Estructurales No Visibles**

Los detalles arquitectónicos como son los cielos rasos, paredes, divisiones, etc., estos se ocultan en el sistema estructural de la mayoría de las edificaciones, si se sospecha de un daño estructural grave y la observación sea limitada, la señalización es importante con el USO RESTRINGIDO o INSEGURO, con ello se debe informar a los usuarios lo ocurrido.

Existen casos de restricción típicos para edificios de USO RESTRINGIDO en estructuras que son:

- Ingreso autorizado por un corto tiempo solo para recuperación de posesiones personales.

- Ingreso autorizado solo para asegurar y reparar la estructura
- Prohibido el ingreso del público a la edificación
- No Ingresar o utilizar las siguientes áreas especificadas
- Prohibido utilizar las siguientes salidas
- Prohibido el uso de chimeneas.

Se debe informar al dueño de la edificación que el mismo debe organizar una demolición de los detalles arquitectónicos que no permitan completar la Evaluación Detallada, o alternamente encargarse de coordinar y ejecutar una evaluación Ingenieril de la edificación (Andrade, 2016).

Mirar Anexo 1 para formularios llenados para este método de evaluación.

## CAPITULO V

### **5. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE MEDIANTE LA ASCE 41-17**

#### **5.1 Generalidades**

Según ASCE 41-17, la evaluación sísmica está destinado en identificar si un edificio fue diseñado para resistir las fuerzas sísmicas, siendo de importancia conocer la vulnerabilidad sísmica que tienen la edificación, para lo cual contamos con el manual FEMA 310 y el FEMA 154. La ASCE 41-17 en su Capítulo 1 nos muestra que, si tenemos limitados los recursos se considerará la utilización del FEMA-154 (Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook, 2003).

#### **5.2 Evaluación Sísmica e Inspección de la Estructuras Utilizando el manual FEMA P-154**

Se ha elaborado un proceso de detección visual rápida para identificar y evaluar edificios potencialmente peligrosos ante sismos. El proceso usa una metodología fundamentada en encuestas y formularios de recopilación de datos, referenciado por visualizaciones del edificio tanto del exterior como del interior si fuera posible. El formulario que nos presenta el FEMA 154 reúne toda la información imprescindible para poder realizar una puntuación que nos permita conocer desempeño sísmico de la edificación (Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook, 2003) Durante esta evaluación si la edificación recibe una puntuación alta, se considera que tiene una resistencia adecuada. Este puntaje nos ayuda a conocer la probabilidad de evitar un colapso y no pretende indicar la probabilidad que la edificación sea ocupacional después de un sismo.

#### **5.3 Tipos de Región de Sismicidad**

Existen 5 tipos de formularios los cuales son utilizados dependiendo la región de sismicidad:

- Baja
- Moderada
- Moderadamente alta
- Alta
- Muy alta

Cada Nivel 1 y Nivel 2 cuenta con su formulario, en los cuales sus valores de puntajes básicos, cambian dependiendo en la región de sismicidad que se encuentre la edificación.

A través de la puntuación de cada formulario se conocerá la probabilidad de colapso de la construcción, donde los puntajes más altos corresponden a un mejor rendimiento sísmico (Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook, 2003).

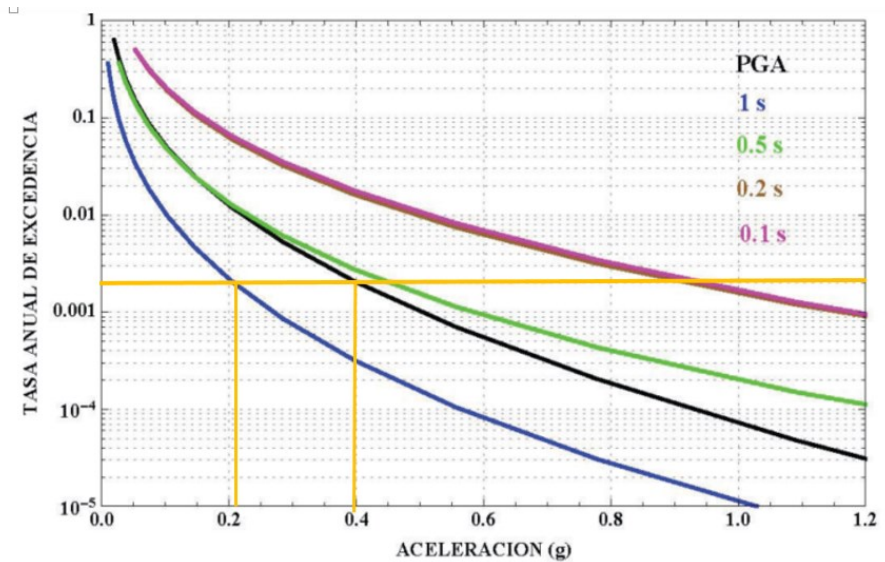
#### **5.4 Selección de Formulario según su Regios Sísmica.**

Para seleccionar el formulario que se usara en la inspección y evaluación, se debe encontrar los valores de  $S_s$  y  $S_1$  mediante la Curva de Peligro Sísmico, para lo cual debido a que no se cuenta con la Curva de Peligro Sísmico de la ciudad de Salcedo se tomara de la zona más cercana que es de la ciudad de Latacunga, los cuales nos ayudaran a conocer en qué región de sismicidad nos encontramos.

Para la ciudad de Salcedo utilizaremos una tasa de excedencia del 0.002 correspondiente a un sismo de diseño de 475 años y la Curva de Peligro Sísmico de la ciudad de Latacunga, y mediante la cual se obtuvo los siguientes valores  $S_s=0.21g$  y  $S_1=0.39g$  (Figura 52), obteniendo una calificación de Región Sísmica **Moderadamente Alta** según la Tabla 11, por lo que se usaran los formularios de dicha región para la posterior inspección y evaluación sísmica de la estructura.

**Figura 52.**

*Curva de Peligro Sísmico para Diferentes periodos*



*Nota:* En la figura se puede observar los valores obtenidos de  $S_s$  y  $S_1$ , y de esta manera conocer la región de sismicidad en la que se encuentra la ciudad de Salcedo. Fuente: (NEC-SE-DS Peligro Sísmico, 2014).

**Tabla 11.**

*Niveles de Región de Sismicidad*

Región Sísmica	Respuesta de aceleración espectral, $S_s$ (período corto o 0.2s)	Respuesta de aceleración espectral, $S_1$ (período largo o 1s)
Baja	$S_s < 0.25g$	$S_1 < 0.10g$
Moderada	$0.25g \leq S_s < 0.5g$	$0.10g \leq S_1 < 0.20g$
Moderadamente alta	$0.5g \leq S_s < 1.0g$	$0.2g \leq S_1 < 0.40g$
Alta	$1.0g \leq S_s < 1.5g$	$0.4g \leq S_1 < 0.6g$
Muy Alta	$S_s \geq 1.5g$	$S_1 \geq 0.6g$

*Nota:* En esta tabla se puede observar las regiones sísmicas la cual se determina según los valores del  $S_s$  y  $S_1$  a partir de la respuesta de aceleración espectral. Elaborado por: El autor adaptado a (Estrada. & Vivanco., 2019).

## 5.5 Inspección y Evaluación Sísmica de la Estructura.

### 5.5.1 Evaluación de la estructura mediante FEMA P-154

Con lo indicado anteriormente para el presente análisis de evaluación se utilizará el manual del FEMA 154, los formularios a utilizar serán de la región sísmica **moderadamente alta** encontrada en la sección 5.4.

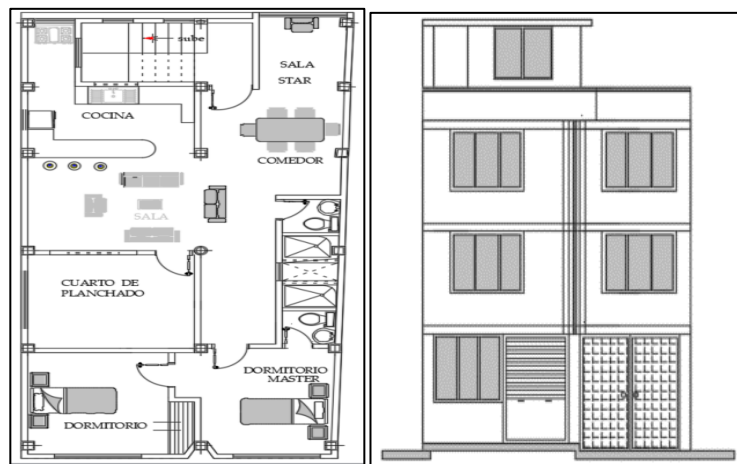
#### 5.5.1.1 Análisis de Primer Nivel según FEMA P-154

En este nivel se tomará en consideración las irregularidades estructurales, riesgo de suelo, deslizamiento, así como también daños estructurales (Cevallos. & Meléndez., 2019).

Para iniciar con nuestra evaluación deberemos colocar primeramente una fotografía de la edificación con esquema en planta y elevación.

#### Figura 53.

*Inspección de la Estructura*



*Nota:* En la figura se puede observar la edificación tanto en planta como elevación para el formulario de Nivel 1 del FEMA 154. Elaborado por: El autor.



### 5.5.1.1.1 Información de la Edificación (Datos Generales)

En este primer apartado del formulario se recoge toda la información general de la vivienda, que ayudaran a conocer las características del lugar y las cuales se presenta a continuación

#### Figura 54.

##### *Datos Generales de la Vivienda*

DATOS GENERALES			
Dirección:	Barrio San Antonio No. 2		
Nombre de la Edificación:	Residencia Sra. Maria Lara		
Otra Identificación:	Casa de 4 Pisos Color Gris		
Uso:	Residencial		
Inspector:	Mauricio Maldonado	Fecha/Hora	1/10/2021

*Nota:* En la presente figura se puede observar todas las características que describen a la vivienda en análisis. Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019).

### 5.5.1.1.2 Características de la Estructura

En esta siguiente sección se recopila toda la información sobre la estructura como es el año de construcción, número de pisos, etc.

#### Figura 55.

##### *Información de Estructura*

<b>Número de pisos:</b>	
N.º Pisos sobre nivel de la vía: 4	N.º Pisos bajo nivel de la vía: 0
Año de Construcción:	Diciembre del 2016
Área Total en Planta (m2):	419,49
Adiciones:	Ninguna <input type="checkbox"/> Sí, Años Construcción <input type="checkbox"/>

*NOTA:* En la figura se puede observar toda la información concerniente a datos de la estructura como es número de pisos, año de construcción, área o si ha tenido algún tipo de modificación.

Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019).

### 5.5.1.1.3 Tipo de Ocupación que recibe la edificación.

**Figura 56.**

*Ocupación del edificio*

OCUPACIÓN			
Asamblea	<input type="checkbox"/>	Comercial	<input type="checkbox"/>
Industrial	<input type="checkbox"/>	Oficina	<input type="checkbox"/>
Utilidad	<input type="checkbox"/>	Almacen	<input type="checkbox"/>
		Ser. Emergencia	<input type="checkbox"/>
		Escuela	<input type="checkbox"/>
		Unid. Residencial	<input checked="" type="checkbox"/>

*NOTA:* En la presente figura se muestra la ocupación que recibe la edificación, esto se refiere al tipo de uso que se le va a dar y la cual se usa para determinar posibles mitigaciones. Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019).

### 5.5.1.1.4 Tipo de Suelo.

En esta sección se tomará el tipo de suelo, mediante un estudio de suelo realizado en la zona de construcción, o se podría usar un estudio que se encuentre aledaña a la zona donde se encuentra la vivienda.

**Figura 57.**

*Tipo de Suelo del Sitio de la Edificación*

TIPO DE SUELO					
A <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	D <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	F <input type="checkbox"/>
RODA DURA	ROCA PROMEDIO	SUELO DENSO	SUELO RÍGIDO	SUELO SUAVE	SUELO POBRE
DNK: (asumir tipo D)					

*Nota:* suelo tipo D. Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019).

**5.5.1.1.5 Peligros Geológicos.**

**Figura 58.**

*Tipo de Peligros Geológicos.*

<b>PELIGROS GEOLÓGICOS</b>			
Licuefacción	SI	NO	DNK
Deslizamiento	SI	NO	DNK
Rup, Superf.:	SI	NO	DNK

**Nota:** En la figura se observan los posibles peligros geológicos que podría llegar a tener la edificación. Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019).

**5.5.1.1.6 Proximidad en la Edificación.**

En esta sección encontramos el Golpeteo, y el cual depende de la región de peligro sísmico.

- Región de muy alta sismicidad, separación de 30 cm
- Región de alta sismicidad, separación de 22 cm.
- Región de moderadamente sismicidad, separación de 15 cm.
- Región de moderada o baja sismicidad, separación de 7 cm.

**Figura 59.**

*Proximidad.*

<b>Proximidad</b>	
Golpeteo	
Objetos peligrosos al caer de edificios más altos	

**Nota:** En esta figura se puede observar que no existe golpeteo debido a que la edificación no tiene viviendas aledañas por lo cual este golpeteo no sucede. Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019).

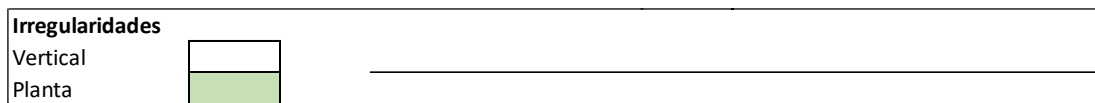
### 5.5.1.1.7 Irregularidades en la Edificación.

Las irregularidades se pueden dar ya sean verticales o en planta, para esta sección encontraremos dos tipos de irregularidades verticales las cuales se dividen en (Gualoto. & Querembas., 2019):

- Irregularidad Vertical Severa. - Tiene un efecto adverso en el rendimiento de la edificación.
- Irregularidad Vertical Moderada. Tiene un efecto menos adverso en el rendimiento de la edificación.

**Figura 60.**

*Irregularidades*



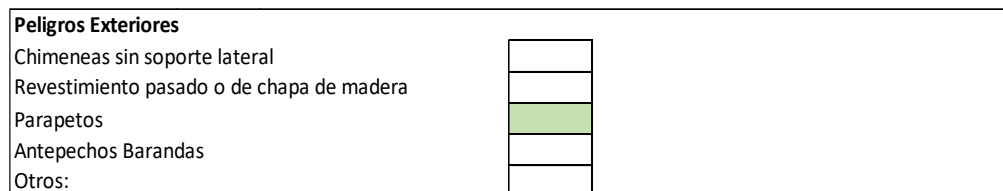
*Nota:* La edificación presenta irregularidad en planta. Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019).

### 5.5.1.1.8 Peligros Exteriores Presentados en la Edificación.

En esta sección se presentan riesgos no estructurales que podrían afectar la seguridad de vida si no se ancla adecuadamente a la estructura (Gualoto. & Querembas., 2019).

**Figura 61.**

*Peligros Exteriores*



Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019).

### 5.5.1.1.9 Selección del Tipo de Edificación.

En este punto se debe determinar el tipo de edificación según el listado presentado por el manual FEMA 154, el cual consta de 17 tipos de estructuras agrupadas de acuerdo a sus materiales de construcción, y de acuerdo al sistema estructural resistente a carga laterales (Estrada. & Vivanco., 2019). Por lo cual a continuación se detallará cada uno de los 17 tipos de estructuras

**Tabla 12.**

#### *Edificaciones Tipo*

Código	Características
W1	Viviendas de una o más plantas de altura, con pórticos livianos de madera
W1A	Edificios con pórticos livianos de madera de varios pisos con área de cada planta mayor a 914.4 m <sup>2</sup> .
W2	Edificios con pórticos de madera destinados a comercio o industria con un área mayor a los 1524 m <sup>2</sup> en cada planta.
S1	Edificios con pórticos de acero resistentes a momento.
S2	Edificios de acero con pórticos arriostrados.
S3	Edificios de metal ligero.
S4	Edificios de acero con muros de corte de hormigón.
S5	Edificios de acero con paredes de mampostería no reforzada.
C1	Edificios con pórticos de hormigón resistentes a momento.
C2	Edificios de hormigón con muros de corte.
C3	Edificios con pórticos de hormigón con mampostería no reforzada.
PC1	Edificios con paneles de hormigón, construcción Tilt-Up .
PC2	Construcciones prefabricadas de hormigón.
RM1	Edificios de mampostería reforzada con diafragmas de piso flexibles.
RM2	Edificios de mampostería reforzada con diafragmas de piso rígidos.
URM	Edificaciones de paredes portantes no reforzadas.
MH	Viviendas prefabricadas.

*Nota:* En la siguiente tabla se puede observar las características que presentan cada tipo de edificación y mediante la cual debemos elegir acorde a nuestra estructura, para nuestro caso tomaremos un C1. Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019).

### 5.5.1.1.10 Modificadores de Puntuación Básica.

El cuadro que se presenta en esta sección, nos muestra la puntuación básica y los modificadores relacionados con las características de la construcción o los atributos de rendimiento. En el cual, si se presentan modificadores de puntuación positiva, se debe a

características del edificio que afectan positivamente, mientras que si la puntuación es negativa se deberá a afectaciones negativas de rendimiento del edificio (Estrada. & Vivanco., 2019).

**Figura 62.**

*Modificadores de Puntuación.*

012410	W1	W1a	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
				(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	URM INF	(MRF)	(SW)	URM INF	(TU)		(FD)	(RD)	
Puntuación Básica	3,6	3,2	2,9	2,1	2,0	2,6	2,0	1,7	1,7	2,0	1,4	1,6	1,4	1,7	1,7	1,0
Irregularidad Vertical Severa, VL1	-1,2	-1,2	-1,2	-1,0	-1,0	-1,1	-1,0	-0,8	-0,9	-1,0	-0,8	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7
Irregularidad Vertical Moderada, VL1	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,5	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4
Irregularidad en Planta, PL1	-1,1	-1,0	-1,0	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,6	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,4
Código Anterior	-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
Último Código	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
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	0,7	0,6	0,4	0,5	0,5	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	-0,4	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2
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	-0,4	N/A	-0,4	-0,5	-0,6	-0,2
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

*Nota:* En esta figura se puede observar cada uno de los modificadores que se presentan en esta evaluación en base al FEMA P-154. Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019)

**5.5.1.1.11 Determinación del Puntaje Final del Nivel 1.**

El puntaje que se determina mediante el Nivel 1, se calculó de acuerdo a los modificadores seleccionados según las características que tenga la edificación. Al evaluar se debe tener en cuenta que si la puntuación básica es menor a la  $S_{MIN}$  o es negativa se deberá usar el puntaje de  $S_{MIN}$  (Estrada. & Vivanco., 2019).

**Figura 63.**

*Matriz de Puntuación del Nivel 1 para Residencia de la Sra. María Lara.*









TIPO DE CONSTRUCCIÓN	W1	W1a	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
				(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	URM INF	(MRF)	(SW)	URM INF	(TU)		(FD)	(RD)	
Puntuación Básica	3,6	3,2	2,9	2,1	2,0	2,6	2,0	1,7	1,7	2,0	1,4	1,6	1,4	1,7	1,7	1,0
Irregularidad Vertical Severa, VL1	-1,2	-1,2	-1,2	-1,0	-1,0	-1,1	-1,0	-0,8	-0,9	-1,0	-0,8	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7
Irregularidad Vertical Moderada, VL1	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,5	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4
Irregularidad en Planta, PL1	-1,1	-1,0	-1,0	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,6	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,4
Código Anterior	-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
Último Código	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
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	0,7	0,6	0,4	0,5	0,5	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	-0,4	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2
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	-0,4	N/A	-0,4	-0,5	-0,6	-0,2
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
<b>PUNTUACIÓN FINAL, SL12SMIN</b>	<b>3,0</b>															

*NOTA:* En la figura se muestra el puntaje final de la vivienda en análisis de evaluación. Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019).

### 5.5.1.12 Registro del Alcance de la Revisión.

**Figura 64.**

*Alcance de Revisión.*

EXTENSIÓN DE LA REVISIÓN						
Exterior	Todos		Parcial		Aéreo	
Interior	Ninguno		Visible		Ingreso	
Planos revisados			Si		No	
Fuente del tipo de suelo	Estudio de Suelos					
Fuente de los peligros geológicos	Estudio de Suelos					
Persona contacto	Ing. Oswaldo Guamán					

*Nota:* en la figura se muestran los alcances de la evaluación estructural para la para Residencia de la Sra. María Lara. Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019).

**5.5.1.1.13 Registro del Otro Peligros.**

**Figura 65.**

*Otros Peligros*

<b>OTROS PELIGROS</b>	
<b>¿Existen otros peligros que hacen que se requiera una Evaluación Estructural Detallada?</b>	
<input type="checkbox"/>	Potencial golpeteo, (a menos que $SL_2 >$ que el puntaje limite aceptable.
<input type="checkbox"/>	Peligro de objetos que pueden caer de edificaciones adyacentes.
<input type="checkbox"/>	Peligros geológicos o suelo Tipo F
<input type="checkbox"/>	Daño/deterioro significativo en el sistema estructural

*Nota:* Otros peligros como: grietas, fisuras, mampostería entre otros, que puedan afectar durante un evento sísmico. Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019).

**5.5.1.1.14 Determinación de la Acción Requerida.**

El último punto para terminal de llenar el formulario de Nivel 1 es indicar la acción requerida.

**Figura 66.**

*Acción Requerida*

<b>ACCIÓN REQUERIDA</b>	
<b>¿Se requiere de una Evaluación Estructural Detallada?</b>	
Si, tipo de edificación FEMA desconocida	<input type="checkbox"/>
Si, puntaje menor que el puntaje limite aceptable	<input type="checkbox"/>
Si, otros peligros presentes.	<input type="checkbox"/>
<b>¿Se recomienda una Evaluación No Estructural?</b>	
Si, peligros no estructurales a evaluar.	<input type="checkbox"/>
No, existen peligros no estructurales que requieren de mitigación, pero no es necesaria una evaluación detallada.	<input type="checkbox"/>
No se han identificado peligros	<input type="checkbox"/> DNK

*Nota:* En la figura se observa si se necesita o no una evaluación más detallada del edificio.


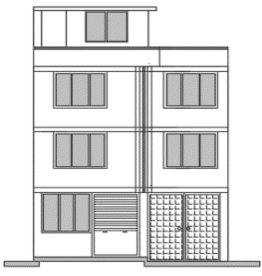
Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019).



Una vez terminado la evaluación de Nivel 1 mediante el manual FEMA P-154, se pudo verificar que no se necesita aplicar el Nivel 2 pero a manera de aplicación se la realizará.

Figura 67.

Formulario de Nivel 1

Evaluación Rápida Visual de Estructuras Frente a Potenciales Riesgos Sísmicos													Nivel 1			
FOTOGRAFÍA													DATOS GENERALES			
													Dirección: Barrio San Antonio No. 2 Nombre de la Edificación: Residencia Sra. María Lara Otra Identificación: Casa de 4 Pisos Color Gris Uso: Residencial Inspector: Mauricio Maldonado Fecha/Hora: 1/10/2021			
													Número de pisos: 4 N.º Pisos sobre nivel de la vía: 4 N.º Pisos bajo nivel de la vía: 0 Año de Construcción: Diciembre del 2016 Área Total en Planta (m2): 419,49 Adiciones: Ninguna Sí, Años Construcción:			
ESQUEMA 													TIPO DE SUELO A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input checked="" type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> RODA DURA ROCA PROMEDIO SUELO DENSO SUELO RÍGIDO SUELO SUAVE SUELO POBRE DNK: (asumir tipo D)			
PELIGROS GEOLÓGICOS Licuefacción: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> DNK <input type="checkbox"/> Deslizamiento: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> DNK <input type="checkbox"/> Rup. Superf.: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> DNK <input type="checkbox"/>													Proximidad Golpeteo: <input type="checkbox"/> Objetos peligrosos al caer de edificios más altos: <input type="checkbox"/>			
Irregularidades Vertical: <input type="checkbox"/> Planta: <input checked="" type="checkbox"/>													Peligros Exteriores Chimeneas sin soporte lateral: <input type="checkbox"/> Revestimiento pasado o de chapa de madera: <input type="checkbox"/> Parapetos: <input checked="" type="checkbox"/> Antepechos Barandas: <input type="checkbox"/> Otros: <input type="checkbox"/>			
COMENTARIOS																
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL, SL1																
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	W1	W1a	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
Puntuación Básica	3,6	3,2	2,9	2,1	2,0	2,6	2,0	1,7	1,7	2,0	1,4	1,6	1,4	1,7	1,7	1,0
Irregularidad Vertical Severa, VL1	-1,2	-1,2	-1,2	-1,0	-1,0	-1,1	-1,0	-0,8	-0,9	-1,0	-0,8	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7
Irregularidad Vertical Moderada, VL1	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,5	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4
Irregularidad en Planta, PL1	-1,1	-1,0	-1,0	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,6	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,4
Código Anterior	-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
Último Código	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
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	0,7	0,6	0,4	0,5	0,5	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	-0,4	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2
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	-0,4	N/A	-0,4	-0,5	-0,6	-0,2
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
<b>PUNTAJE FINAL, SL1≥5MIN</b>																
EXTENSIÓN DE LA REVISIÓN Exterior: Todos <input checked="" type="checkbox"/> Parcial <input type="checkbox"/> Aéreo <input type="checkbox"/> Interior: Ninguno <input type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Ingreso <input checked="" type="checkbox"/> Planos revisados: Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Fuente del tipo de suelo: Estudio de Suelos Fuente de los peligros geológicos: Estudio de Suelos Persona contacto: Ing. Oswaldo Guamán																
OTROS PELIGROS ¿Existen otros peligros que hacen que se requiera una Evaluación Estructural Detallada? Potencial golpeteo, (a menos que SL2 que el puntaje limite aceptable). Peligro de objetos que pueden caer de edificaciones adyacentes. Peligros geológicos o suelo Tipo F Daño/deterioro significativo en el sistema estructural																
ACCIÓN REQUERIDA ¿Se requiere de una Evaluación Estructural Detallada? Si, tipo de edificación FEMA desconocida Si, puntaje menor que el puntaje limite aceptable Si, otros peligros presentes. ¿Se recomienda una Evaluación No Estructural? Si, peligros no estructurales a evaluar. No, existen peligros no estructurales que requieren de mitigación, pero no es necesaria una evaluación detallada. No se han identificado peligros DNK																
EVALUACIÓN DETALLADA REQUERIDA SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>																
Cualquier información que no pueda ser verificada, el evaluador deberá anotar lo siguientes, EST=Estimado o datos no confiables o DNK= no se sabe.																

Nota: En la siguiente figura se puede observar la evaluación de nivel 1 llenada con la información obtenida en campo y con planos de la vivienda. Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019).

## 5.5.1.2 Análisis de Segundo Nivel según FEMA P-154

### 5.5.1.2.1 Datos Preliminares de la Evaluación de Nivel 1.

#### Figura 68.

##### *Datos Preliminares*

Nombre de la Edificación:	Residencia Sra. Maria Lara	Puntaje final Nivel 1:	SL1=	3,0	(no considere Smin)
Inspector:	Mauricio Maldonado	Modificaciones de irregularidades nivel 1:	Irregularidad vertical, VL1=	0,0	Irregularidad en planta, PL1= -0,6
Fecha/Hora:	1/10/2021	Puntuación básica ajustada:	$S'=(SL1-VL1-PL1)=$	3,6	

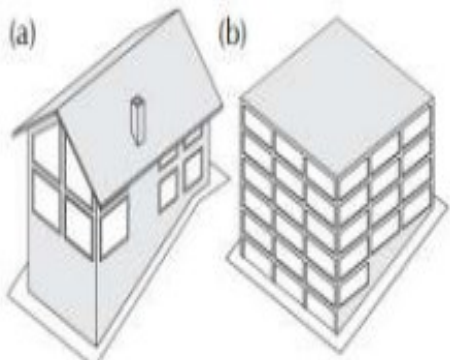
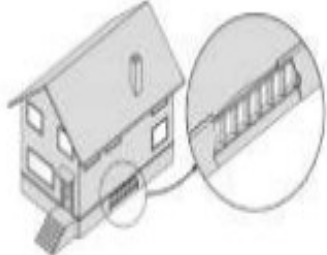
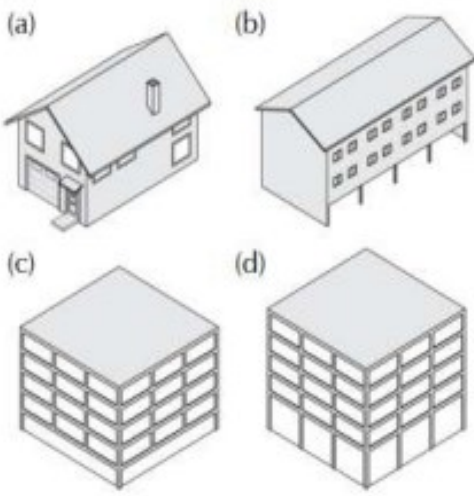
*Nota:* En esta figura se puede observar información preliminar extraída de la información de Nivel 1, además de los valores hallados durante la puntuación final. Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019).

### 5.5.1.2.2 Irregularidad Vertical de Nivel 2.

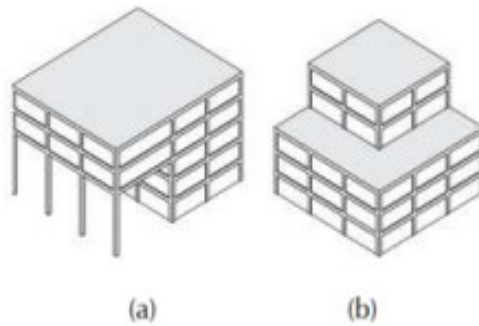
Para el nivel 2 se debe determinar la irregularidad, para lo cual hay que referirse a la siguiente tabla y elegir el tipo de irregularidad que se presenta en le Edificación.

**Tabla 13.**

*Guía de Referencia de Irregularidad Verticales*

	Irregularidad Vertical	Gravedad	Instrucciones de Nivel 2
Desnivel		Varia	<p>Aplice si hay más de un piso de diferencia en una pendiente. Evalúe como Grave para edificios W1 como se muestra en la Figura (a); evalúe como Moderado para todos los demás tipos de edificios como se muestra en la Figura (b)</p>
Viviendas con cimentación tipo Cripple Wall		Moderado	<p>Aplice si la cimentación de la estructura de tipo W1 carece de arrojamiento, si el subsuelo está ocupado se considera como piso blando.</p>
Piso débil o blando		Severo	<p>Figura (a): para una casa W1 con espacio ocupado sobre un garaje. Figura (b): para un edificio W1A con un frente abierto en la planta baja. Figura (c): cuando una de los pisos tiene menos paredes o menos columnas que los otros. Figura (d): cuando una de los pisos es más alto que los otros (generalmente el primero).</p>

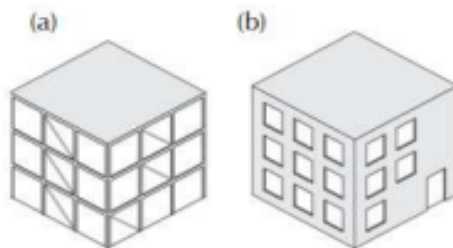
Discontinuidad vertical



Severo

Aplicar si las paredes del edificio no se alinean verticalmente en planta. Esta irregularidad es más grave cuando los elementos verticales del sistema lateral en los niveles superiores son externos a los de los niveles inferiores, como se muestra en la Figura (a). La condición en la Figura (b) también desencadena esta irregularidad.

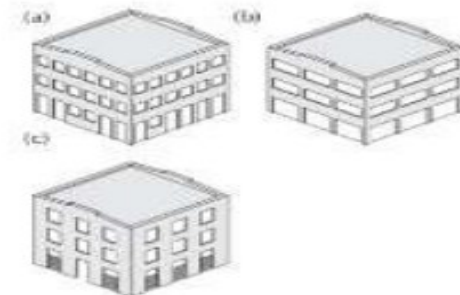
Discontinuidad lateral



Moderado

Aplicar si hay discontinuidades en el plano del sistema lateral. Por lo general, esto se puede observar en el marco reforzado (Figura (a)) y en los edificios de muro cortante (Figura (b)).

Columna Corta



Severo

Figura (a): Algunas columnas / muelles son mucho más cortas que las columnas / muelles típicos en la misma línea. Figura (b): Las columnas / pilares son estrechos en comparación con la profundidad de las vigas. Figura (c): hay paredes de relleno que acortan la altura libre de la columna.

Niveles divididos



Moderado

Aplicar si los pisos del edificio no se alinean o si hay un escalón en el nivel del techo.

---

*Nota:* Se puede observar la tabla con los tipos de irregularidades en el Nivel 2. Fuente: (Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook, 2003).

**Figura 69.**

*Criterios Seleccionados para Irregularidad Vertical.*

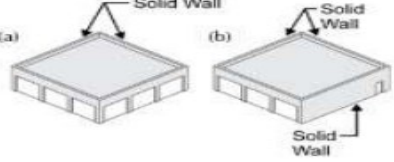
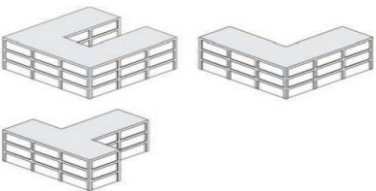

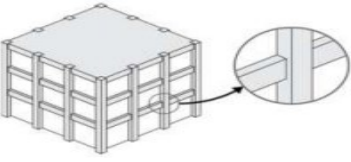
Irregularidad vertical, VL1	Pendiente en sitio	Edificio W1: Hay por lo menos un completo cambio de grado de piso desde el lado del edificio hacia el otro.	-1,2
		No Edificio W1: Hay por lo menos un completo cambio de grado de piso desde el lado del edificio hacia el otro.	-0,3
	Piso débil y/o blando (máximo encierre en un círculo)	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 20cm de pared en la misma línea (para múltiples pisos ocupados anteriormente, utilizar 40cm 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	-1,2
		No Edificio W1: Longitud del sistema lateral en cualquier piso es menor que 50% del piso superior o la altura de cualquier piso es mayor 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 pisos superiores 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/Pilas	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 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 del 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
	De dos niveles	Hay un nivel de división en uno de los niveles de piso en el techo.	-0,5
	Otras irregularidades	Hay otra irregularidad grave vertical observable que obviamente afecta el comportamiento sísmico del edificio	-1,0
Hay otra irregularidad vertical moderada observable que puede afectar al comportamiento sísmico del edificio.		-0,5	

*Nota:* En esta figura se puede observar los tipos de irregularidades con sus puntajes, para el posterior cálculo de puntuación según el Nivel 2. Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019).

### 5.5.1.2.3 Irregularidad en Planta Nivel 2.

Tabla 14.

#### Guía de Referencia de Irregularidad en Planta

Torsion	Irregularidad en Planta	Instrucciones de nivel 2
Sistema n paralelos		<p>Aplique si hay una buena resistencia lateral en una dirección, pero no en la otra, o si hay una rigidez excéntrica en el plano (como se muestra en las Figuras (a) y (b); paredes sólidas en dos o tres lados con paredes con muchas aberturas en los lados restantes).</p>
Esquinas Reentrantes		<p>Aplique si hay una esquina de reentrada, es decir, el edificio tiene forma de L, U, T o +, con proyecciones de más de 6m. Donde sea posible, verifique si hay separaciones sísmicas donde se encuentran las alas. Si es así, evaluar</p>
Apertura en diafragmas		<p>Aplique si hay una abertura que tenga un ancho de más del 50% del ancho del diafragma en cualquier nivel.</p>
Vigas no alineadas co las columnas		<p>Aplique si las vigas exteriores no se alinean con las columnas en planta. Típicamente, esto se aplica a edificios de concreto, donde las columnas perimetrales están fuera de las vigas perimetrales.</p>

*Nota:* En la tabla se puede observar las irregularidades que se pueden encontrar en planta en base a nuestra configuración de nuestra edificación. Fuente: (Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook, 2003).

**Figura 70.**

*Irregularidad en Planta*

Irregularidad en planta, PLI=	Sistema lateral no aparece relativamente bien distribuida en planta en cualquiera o ambas direcciones. (No incluya la irregularidad frente abierto W1A enumeradas 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
	Otra irregularidad. Hay otra irregularidad plana observable que obviamente afecta al comportamiento sísmico de los edificios	-0,7

*Nota:* En la figura se observan los modificadores según la irregularidad en planta de Nivel 2.

Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019).

**5.5.1.2.4 Redundancia.**

**Figura 71.**

*Redundancia o Exceso*

<b>Exceso</b>	El edificio tiene al menos dos tramos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	-0,3
---------------	---	------

*NOTA:* En esta figura se puede observar las condiciones para que la edificación tenga exceso para nuestro caso no existe exceso alguno. Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019).

**5.5.1.2.5 Evaluación de Golpeteo en la Edificación para Nivel 2.**

**Figura 72.**

*Golpeteo*

<b>Golpeteo</b>	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 60cm.	(Cap total golpeteo modificadores de -1.2)	-1,0
		Un edificio es de 2 o más pisos más alto que el otro.		-1,0
		El edificio se encuentra al final del bosque.		-0,5

*Nota:* En esta figura se puede observar el tipo de golpeteo que puede sufrir la edificación.  
Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019).

### 5.5.1.2.6 Determinación de Puntuación Final para Nivel 2.

En esta sección se hallará la puntuación final de Nivel dos para la cual se calculará sumando la S' de corrección, y los modificadores VL2, PL2 y M, tomando en consideración los valores obtenidos en Nivel 1. El puntaje final representara el rendimiento más preciso esperado (Estrada. & Vivanco., 2019).

#### Figura 73.

*Puntuación Final Nivel 2*

<b>PUNTUACIÓN FINAL NIVEL 2, <math>SL2 = (S' + VL2 + PL2 + M) \geq S_{MIN}</math>:</b>	<b>SL2=</b>	2,6
--	-------------	-----

*Nota:* Puntuación final por Nivel 2. Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019).

### 5.5.1.2.7 Peligros No estructurales Observable de la edificación Nivel 2.

#### Figura 74.

*Peligro no Estructurales*

PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLE				
Ubicación	Declaración (Marque "Si" o "No")	Si	No	Comentario
<b>Exterior</b>	Hay un parapeto de mampostería no reforzado o chimenea de mampostería no reforzado no arriostrado.			
	Hay revestimiento pesado o chapa pesada.			
	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 que 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:			
<b>Interior</b>	Hay una teja de barro o ladrillo hueco particiones en cualquier escalera o salida pasillo.			
	Otros peligros no estructurales interiores que caen observados.			

*Nota:* Otros modificadores no afectan en puntaje final. Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019).



Una vez terminado la evaluación de Nivel 2, se pudo verificar que no se obtuvo valores críticos como para realizar un análisis más a profundo como un análisis de Nivel 3

Figura 75.

Formulario de Evaluación de Nivel 2

Evaluación Rápida Visual de Estructuras Frente a Potenciales Riesgos Sísmicos				Nivel 2 (opcional)		
FEMA P - 154 Data Collection Form		ALTO RIESGO SÍSMICO				
La recopilación de datos opcional de nivel 2 debe ser realizada por un profesional de ingeniería civil o estructural, arquitecto o estudiante graduado con experiencia en evaluación sísmica o diseño de edificios.						
Nombre de la Edificación:	Residencia Sra. María Lara	Puntaje final Nivel 1:	SL1=	3,0	(no considere Smin)	
Inspector:	Mauricio Maldonado	Modificaciones de irregularidades nivel 1:	Irregularidad vertical, VL1=	0,0	Irregularidad en planta, PL1= -0,6	
Fecha/Hora:	1/10/2021	Puntuación básica ajustada:	S=(SL1-VL1-PL1)=	3,6		
Modificadores estructurales para agregar a la puntuación de referencia ajustada:						
Tema	Declaración (si la declaración es verdadera encierre en un círculo el modificador "Si", de lo contrario, tache el modificador)	Si	Subtotales			
Irregularidad vertical, VL1	Pendiente en sitio	Edificio W1: Hay por lo menos un completo cambio de grado de piso desde el lado del edificio hacia el otro.	-1,2	VL2= -0,5 -0,5		
	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 hacia el 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 20cm de pared en la misma línea (para múltiples pisos ocupados anteriormente, utilizar 40cm mínimo de pared).	-1,2			
	Caídas	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	-1,2			
		No Edificio W1: Longitud del sistema lateral en cualquier piso es menor que 50% del piso superior o la altura de cualquier piso es mayor 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 pisos superiores o la altura de cualquier piso es entre 1.3 y 2.0 veces la altura del piso superior.	-0,5			
	Columna corta/Pilas	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			
De dos niveles	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 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 del 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				
Otras irregularidades	Hay un nivel de división en uno de los niveles de piso en el techo.	-0,5				
Irregularidad en planta, PL1=	Hay otra irregularidad grave vertical observable que obviamente afecta el comportamiento sísmico del edificio	-1,0	PL2= 0 0			
	Hay otra irregularidad vertical moderada observable que puede afectar al comportamiento sísmico del edificio.	-0,5				
	Sistema lateral no aparece relativamente bien distribuida en planta en cualquiera o ambas direcciones. (No incluya la irregularidad frente abierto W1A enumeradas 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				
Exceso	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				
Golpeteo	Otra irregularidad. Hay otra irregularidad plana observable que obviamente afecta al comportamiento sísmico de los edificios	-0,7				
	El edificio tiene al menos dos tramos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	-0,3				
Edificio S2	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:	-1,0	(Cap total golpeteo modificadores de -1.2)			
	Las plantas no se alinean verticalmente dentro de 60cm.	-1,0				
Edificio C1	Un edificio es de 2 o más pisos más alto que el otro.	-0,5				
Edificio PC1/RM1	El edificio se encuentra al final del bosque.	-1,0				
Edificio PC1/RM1	"K" geometría de arriostamiento es visible	-0,4				
URM	Placa plana sirve como la viga en el marco de momento.	-0,3				
MH	Hay ataduras de techo a pared que son visibles o conocidas a partir de dibujos que no se basan en el doblado de grano cruzado (no se combinan con el modificador de referencia o modificación posterior).	-0,3				
Reequipamiento	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).	-0,4				
Puntuación Final Nivel 2, SL2 = (S' +VL2 + PL2 +M ) >= SMIN:	Gabletes de pared están presentes.	-0,4	M=-0,5 -0,5			
	Hay un sistema de soporte sísmico suplementario proporcionado entre el carro y el suelo.	-1,2				
Puntuación Final Nivel 2, SL2 = (S' +VL2 + PL2 +M ) >= SMIN:	Reforzamiento sísmico integral es visible o conocido a partir de dibujos.	-1,4	(Trasladado al formulario)			
		2,6				
Hay un daño o deterioro observable u otra condición que afecta negativamente al comportamiento sísmico del edificio:						
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 independientemente de los edificios.						
PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLE						
Ubicación	Declaración (Marque "Si" o "No")	Si	No	Comentario		
Exterior	Hay un parapeto de mampostería no reforzado o chimenea de mampostería no reforzado no arriostado.					
	Hay revestimiento pesado o chapa pesada.					
	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 que los materiales peligrosos están presentes.					
Interior	Hay un edificio URM adyacente más alto con una pared no anclada o parapeto URM no arriostado o chimenea.					
	Otros riesgos de caída exterior no estructural observado:					
Desempeño sísmico estimado para no estructural (Marque la casilla apropiada y traslade al Nivel 1 del formulario de conclusiones).	Hay una teja de barro o ladrillo hueco particiones en cualquier escalera o salida pasillo.					
	Otros peligros no estructurales interiores que caen observados.					
	Peligros no estructurales potenciales con amenaza significativa para la seguridad de la vida del inquilino - Evaluación detallada no estructural recomendada.					
	Peligros no estructurales identificados con amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes - Evaluación detallada no estructural necesaria.					
Baja o ninguna amenaza de peligro estructural de seguridad de la vida del ocupante - No se requiere evaluación detallada no estructural.						
Comentarios:						

Elaborado por: El autor adaptado a (Loor & Mendoza, 2019)

## CAPITULO VI

### 6. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA ANTES DE SU AMPLIACIÓN

#### 6.1 Generalidades

En la presente sección se llevará a cabo la modelación de la estructura en estudio, para poder realizar una revisión y análisis de las misma y verificar que cumpla con las condiciones que indica la norma ecuatoriana de la construcción NEC-15, por lo cual para llevar a cabo esta modelación nos ayudaremos con toda la información obtenida como son: planos arquitectónicos, planos estructurales, estudio de suelos, etc.

Para el análisis que se llevar a cabo se tomara en cuenta la edificación original, es decir cómo se encuentra actualmente construida, debido a que durante su proceso de construcción surgieron algunos cambios que en los planos proporcionado no se encuentran, pero que gracias a la conversación obtenida con la dueña de la vivienda se puedo conocer cada uno de los cambios realizados durante la construcción de la vivienda.

Después de tener claro su geometría, sus elementos, dimensionamientos, materiales, etc. Se procederá a realizar un modelamiento de la estructura con la ayuda del Software ETBAS y en el cual se analizará el comportamiento de le edificación ante un evento sísmico.

#### 6.2 Lugar donde se encuentra ubicada la Estructura

La vivienda se encuentra ubicada en la provincia de Cotopaxi, cantón Salcedo, parroquia San Miguel, en el Barrio San Antonio No 2, ubicada en las calles Juan León Mera y Paquisha.

## Figura 76.

*Ubicación de la residencia de la Sra. María Lara.*



*Nota:* Se presenta la dirección exacta donde se encuentra la residencia de la Sra. María Lara.

Elaborado por: El autor a través de Google Maps.

### 6.3 Características y Descripción Técnica de la Estructura

La residencia de la Señora María Lara cuenta con una estructura de 4 plantas, donde se incluye el piso último el cual no se encuentra construido en su totalidad. Su ocupación está destinada al uso de local en la planta baja y para uso residencial en las demás plantas. Adicionalmente a continuación, se nombrará algunas características en general de la vivienda.

- Esta edificación fue construida en el año 2016
- Está construida en su totalidad de Hormigón Armado
- Se cuenta con losas alivianadas

- Se puede decir que se tiene una separación promedio de 3m entre tanto en el sentido X como en el sentido Y.

### 6.3.1 Área total construida.

El área total construida es de 400m<sup>2</sup> distribuidas en cuatro plantas las cuales se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

**Tabla 15.**

*Área de construcción.*

	Descripción	Área (m <sup>2</sup> )
Planta Baja	Local, bodega, baño, garage	115
Primer Piso	Dormitorio, cuarto de planchado, comedor, cocina, baños, sala star	115
Segundo piso	Dormitorio, cuarto de planchado, comedor, cocina, baños, sala star	115
Terraza	Dormitorio, cocina, balo, sala	55

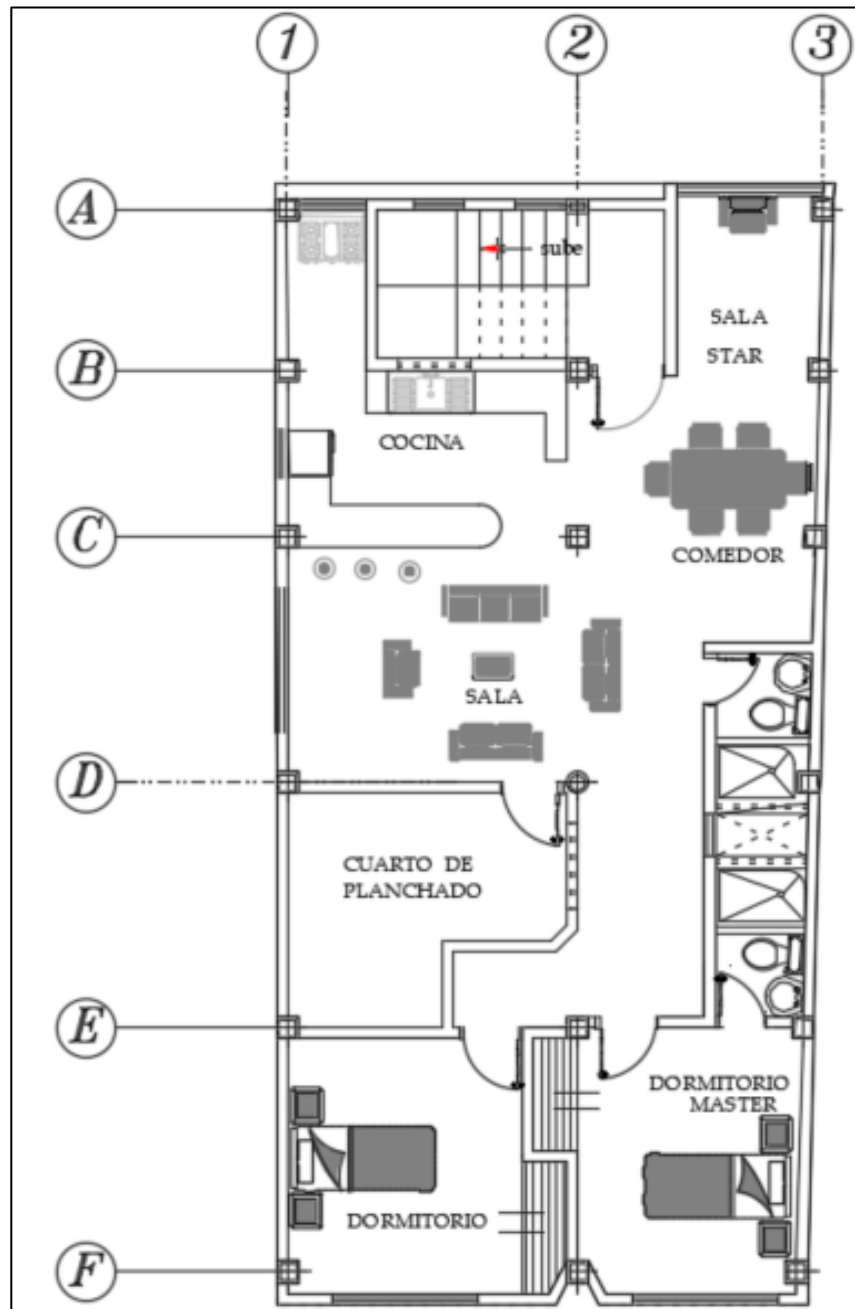
*Nota:* En la presenta tabla se puede observar la distribución que se encuentra en cada planta y el área que ocupa cada una de ellos. Elaborado por: El autor a través planos arquitectónicas AutoCAD.

### 6.4 Distribución de los elementos y Geometría de la Estructura

La estructura en estudio residencia de la Señora Lara cuenta con planos arquitectónicos y estructurales, en el cual nos indica la distribución de los elementos y su geometría, en base a los cuales nos guiaremos para realizar nuestro modelo de análisis estructural.

**Figura 77.**

*Vista en Planta de la Residencia de la Sra. María Lara.*

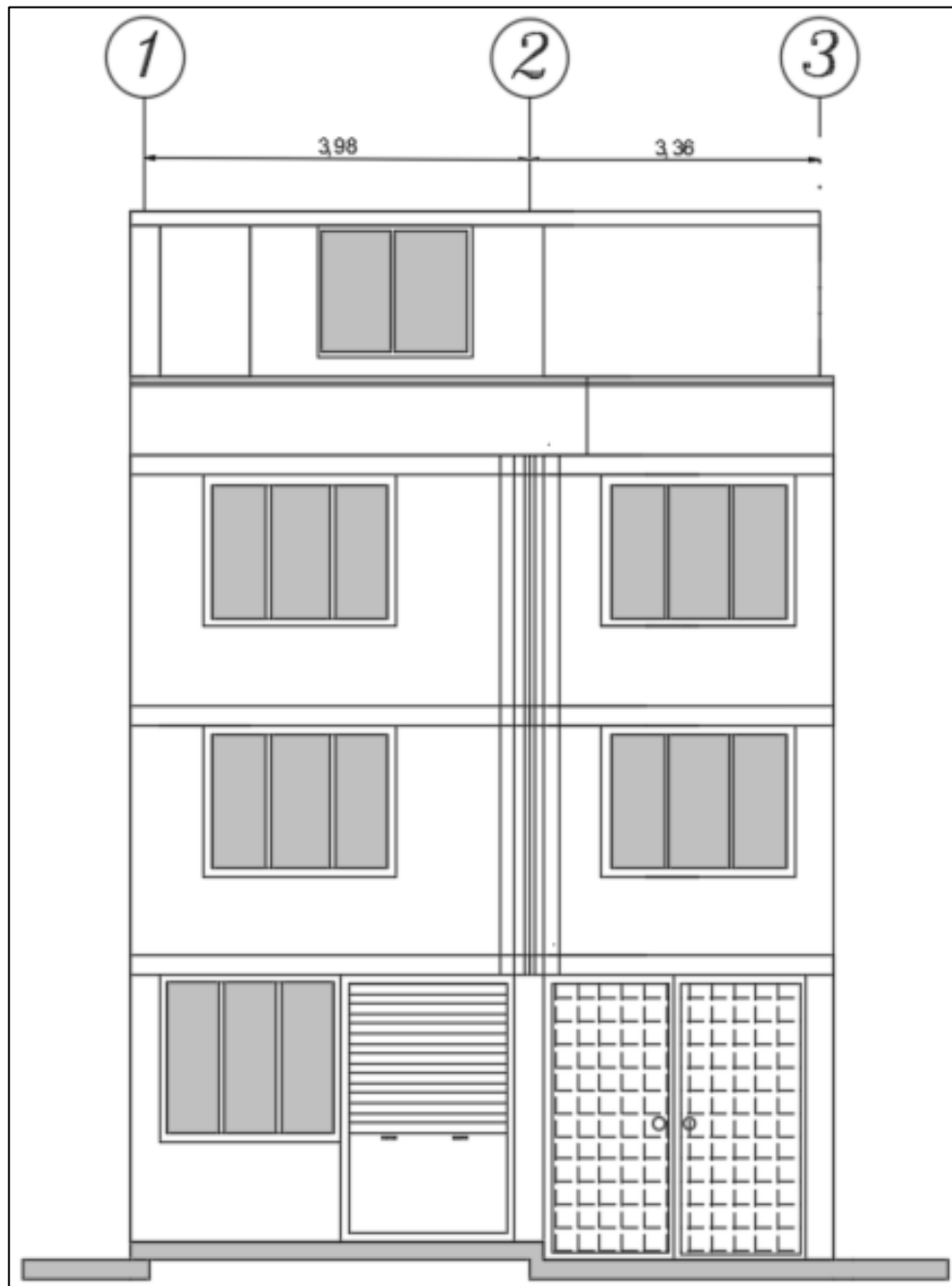


*Nota:* En la figura se puede observar la vista en planta del piso tipo de la residencia de la Sra.

María Lara. Elaborado por: El autor.

**Figura 78.**

*Vista en Elevación de la Residencia de la Sra. María Lara.*



*Nota:* En la figura se puede observar la vista en elevación de la residencia de la Sra. María Lara.

Elaborado por: El autor.

### 6.4.1 Elementos Estructurales Losa y Vigas.

**Tabla 16.**

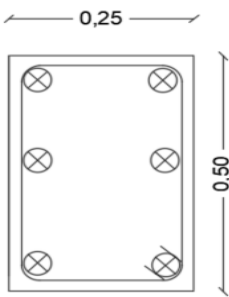
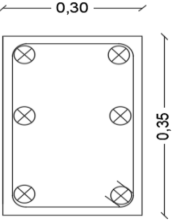
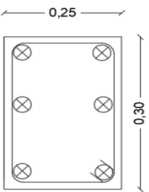
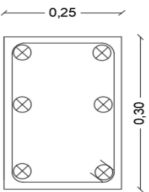
*Dimensión de Losa y Vigas de la Estructura*

Pisos	Vigas		Losa	
	b (cm)	h (cm)	Espesor (cm)	Altura de Piso (cm)
1	25	50	20	288
	30	35		
	25	30		
2, 3	25	50	20	252
	30	35		
	25	30		
Terraza	25	50	20	252
	30	35		
	25	30		

*Nota:* En la tabla se puede observar las dimensiones de los elementos por piso. Elaborado por: El autor.

**Tabla 17.**

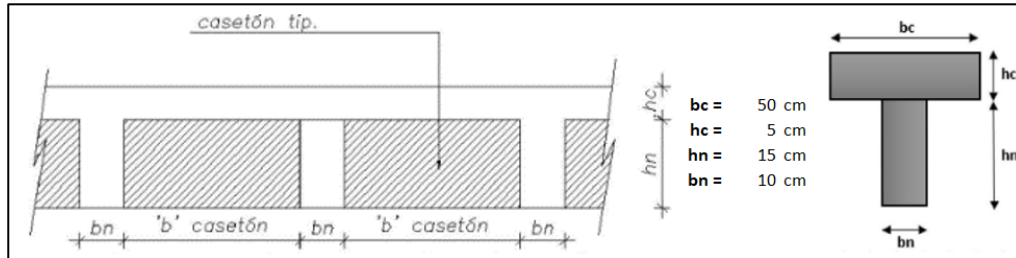
*Armado de Vigas*

Secciones			
	0,25		0,30
<b>Seccion (cm)</b>	25x50	<b>Seccion (cm)</b>	30x35
<b>Refuerzo</b>	6 Ø 12	<b>Refuerzo</b>	6 Ø 12
	0,25		0,30
<b>Seccion (cm)</b>	25x30	<b>Seccion (cm)</b>	25x30
<b>Refuerzo</b>	6 Ø 12	<b>Refuerzo</b>	6 Ø 12

*Nota:* En la tabla se puede observar el armado y la sección de cada elemento viga que se encuentra en la estructura de estudio. Elaborado por: El autor.

**Figura 79.**

*Sección de la Losa de la Estructura*



*Nota:* En esta figura se puede observar la sección de cómo está conformada la losa de la estructura en estudio. Elaborado por: El autor.

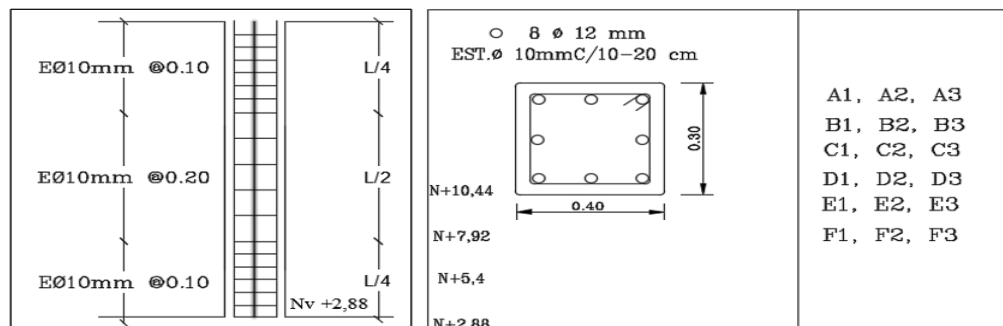
Mirar Anexo 2, de cálculos de espesor de la losa.

#### 6.4.2 Elementos Estructurales Columnas.

La residencia de la Sra. María Lara cuenta con columnas rectangulares de Hormigón Armado de 30x40 cm en toda su estructura tanto exterior como interior.

**Figura 80.**

*Cuadro de Columnas de la Residencia Sra. María Lara*



*Nota:* En la figura se presente el armado de la columna horizontal y vertical de la estructura de la residencia de la Sra. María Lara. Elaborado por: El autor.



## 6.5 Propiedades de los Materiales de Construcción.

En esta sección se presentará la resistencia a la compresión del hormigón y el esfuerzo de fluencia del acero, que se usaran en los elementos estructurales que conforman la edificación en estudio.

**Tabla 18.**

*Propiedad de los materiales del hormigón y del acero.*

Material	Característica	Valor
Hormigón	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	210
Acero	Esfuerzo de Fluencia (kg/cm <sup>2</sup> )	4200

*Nota:* En la tabla se presentan las propiedades de los materiales que usaremos en los elementos de la estructura de estudio. Elaborado por: El autor

### 6.5.1 Módulo de Elasticidad Acero de Refuerzo (Es).

“El módulo de elasticidad del acero a usarse para refuerzo no presforzado será de 200000 MPA” (ACI-318S-11, 2011). Este valor se lo deberá transformar a ton-m<sup>2</sup> y cuyo valor será de  $E_s = 20000000 \text{ ton-m}^2$

### 6.5.2 Módulo de Elasticidad Hormigón (Ec).

“Para determinar el módulo de elasticidad del hormigón se usará la siguiente ecuación” (ACI-318S-11, 2011).

$$E_c = 13000\sqrt{f'_c} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (3.1)$$

## 6.6 Cargas a Considerar para la Modelación.

### 6.6.1 Cargas Permanentes.

La carga muerta se presenta, por peso propio de la estructura que considera todos los elementos como son: columnas, vigas. Losas, y por carga permanente de la estructura que considera los elementos como son: paredes, instalaciones, recubrimientos, muros, etc. Los cuales actuarán de permanencia sobre la estructura.

Para el cálculo detallado del peso de mampostería mirar el Anexo 2.

**Tabla 19.**

*Carga Permanente de la Residencia de la Sra. María Lara.*

	<b>ELEMENTO</b>	<b>CARGA</b>	<b>TOTAL (ton-m2)</b>
<b>MAMPOSTERIA</b>	Bloque	0,0855	
	Mortero para Blooque	0,0358	0,188
	Enlucido	0,0667	
<b>ACABADOS</b>	Masillado	0,027	
	Instalaciones	0,0065	0,0335

*Nota:* En la tabla presentada se puede observar la carga permanente que se le colocará a la edificación de estudio. Elaborado por: El autor.

### 6.6.2 Cargas Vivas.

La carga viva conocida también como sobrecarga de uso, esta depende mucho de la ocupación que se le vaya a dar a la estructura ya que a través de esta se le asignará la carga que le corresponda. Estas cargas se refieren al peso propio de: personas, mercadería, mobiliaria, etc. (Jiménez., 2017).

**Tabla 20.**

*Carga Viva para la Residencia de la Sra. María Lara.*

<b>Ocupacion o Uso</b>	<b>Carga Uniforme (ton/m2)</b>
Oficina	0,24
Departamento	0,20

*Nota:* En la tabla se observa los valores de carga viva que tomaremos para nuestra estructura.

Elaborado por: El autor

### **6.6.3 Carga Sísmica.**

Este valor se determina mediante el cálculo del cortante basal y además se calcula un espectro elástico de diseño de aceleraciones, el cual nos ayudara para introducir en el programa Etabs posteriormente.

### **6.7 Propiedades del Sitio.**

Según la ubicación donde se encuentre nuestro proyecto de estudio se definirá: la zona sísmica, el valor Z, y el tipo de suelo donde se encuentra construida nuestra edificación.

Zona Sísmica = V

Valor de Z = 0.40

Tipo de Suelo D

#### **6.7.1 Coeficientes del Perfil - Relación de Ampliación Espectral del Suelo.**

Una vez determinado la zona sísmica y el valor Z de nuestro proyecto de estudio se definirá los coeficientes de amplificación dinámica de perfil del suelo y los cuales serán tomados de la sección 3.2.2 de la (NEC-SE-DS Peligro Sísmico, 2014).

También se debe determinar la relación de amplificación espectral  $\eta$  la cual está en función de la región donde se encuentre la edificación y será  $\eta = 2.48$  Para Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos. Además, se deberá encontrar el factor  $r$  que depende del tipo de suelo que tengamos en nuestro proyecto y tomará el valor de  $r = 1$  para todos los suelos excepción del tipo E.

Con los valores obtenidos en esta sección, se realizará una tabla resumen con los coeficientes de amplificación para nuestro proyecto de estudio.

**Tabla 21.**

*Cuadro Resumen de los coeficientes de Amplificación.*

Coeficientes de Amplificación Dinámica	
Zona Sísmica	V
Z	0,4
Tipo de suelo	D
Fa	1,12
Fd	1,11
Fs	1,4
$\eta$	2,48
r	1

*Nota:* En la tabla presentada se puede observar todos los valores de coeficientes de amplificación que nos servirá para nuestra modelación de la estructura ya que nos ayuda a graficar nuestra curva sísmica. Elaborado por: El autor

### **6.8 Coeficientes e Irregularidades de la Geometría de la Estructural.**

En la siguiente sección determinaremos si existe alguna irregularidad ya sea en planta o elevación de acuerdo con los planos arquitectónicos se pudo observar que la estructura en

elevación no presenta ningún tipo de irregularidad por lo que se puede definir que el coeficiente de irregularidad en elevación es igual a uno  $\Phi_E = 1$ .

Pero, por otra parte, se pudo observar que la estructura si presente irregularidad en planta y por cual su coeficiente de irregularidad no será igual a uno. Según (NEC-SE-DS Peligro Sísmico, 2014), “La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura” (p. 50). Por tal razón nuestro coeficiente de irregularidad en planta  $\Phi_p = 0.9$ .

### **6.9 Factor de Reducción de Resistencia Sísmica “R” y Coeficiente de Importancia “I”.**

La estructura en estudio al no ser catalogada una edificación esencial o estructura de ocupación inmediata se tomará el coeficiente de importancia  $I = 1$ .

Por otro lado, para el factor de reducción de resistencia sísmica se tomará un valor  $R = 5$ , considerando que la residencia de la Sra. María Lar es un sistema de categoría de pórtico especiales sismo resistente, además de esta consideración se toma valor de 5 para ser más conservador al momento de evaluar, ya que al ser una vivienda informal no se considera que su diseño este cumpliendo con todos los requerimientos que nos marca la NEC-2015.

### **6.10 Periodo de Vibración.**

Para cálculo del periodo de vibración nos basaremos en la ecuación que nos presenta la NEC-SE-DS Peligro sísmico en su sección 6.3.3 la cual se presenta en la siguiente figura:

### Figura 81.

#### *Ecuación para Cálculo del Periodo de Vibración*

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Dónde:

$C_t$  Coeficiente que depende del tipo de edificio

$h_n$  Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.

$T$  Periodo de vibración

*Nota:* En la figura se puede observar cada uno de los coeficientes que actúan para el cálculo del periodo de vibración de la estructura. Fuente: (NEC-SE-DS Peligro Sismico, 2014).

Sin embargo, se debe tomar en cuenta que esta ecuación solo es un método empírico, que nos da un valor referencial que resulta de estimaciones conservadoras de las fuerzas laterales, por lo cual puede diferir del periodo real, por lo que se utilizará el modelo matemático realizado en ETABS para obtener su periodo real que nos lleva a la realidad de la edificación.

### Tabla 22.

#### *Periodo de Vibración de la Estructura*

<b>Coeficiente</b>	<b>Valor</b>
Ct	0,055
hn	10,44
$\alpha$	0,9
T (s)	0,454

*Nota:* En la tabla se puede observar el periodo de vibración calculado con las características de la edificación en estudio. Elaborado por: El autor.

### 6.11 Espectro de Diseño para la Estructura.

Una vez encontrado el factor de reducción de resistencia sísmica, factor de importancia, zona de peligro sísmico, relación de ampliación espectral, periodo de vibración de la estructura, y los coeficientes de ampliación dinámica se puede determinar el espectro de diseño, tanto para zona elástica como para inelástica.

**Tabla 23.**

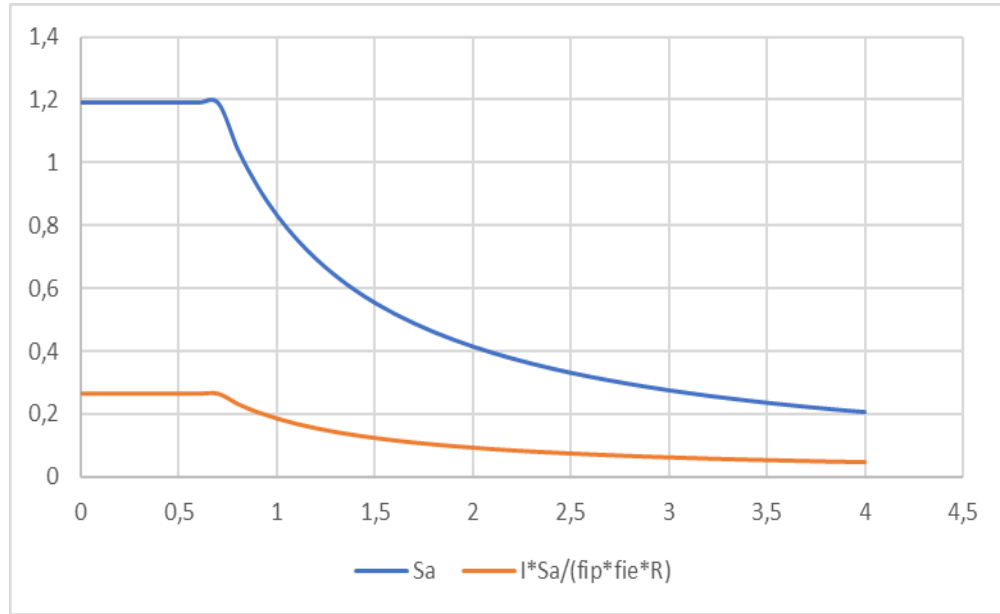
*Datos para la Elaboración del Espectro de Diseño para la Estructura*

<b>Parametetos para el Espectro de Diseño</b>	
Zona Sísmica	V
Z	0,4
Tipo de Suelo	D
Fa	1,2
Fd	1,19
Fs	1,28
$\eta$	2,48
r	1
I	1
R	5
$\Phi_P$	0,9
$\Phi_E$	1
T	0,454
Tc	0,70

*Nota:* En la tabla se puede observar los valores utilizados para la elaboración del espectro de diseño. Elaborado por: El autor.

**Figura 82.**

*Espectro de Diseño*



*Nota:* En la figura se puede observar espectro de diseño tanto elástico como inelástico. Elaborado por: El autor.



**Figura 83.**

*Valores del Espectro Elástico e Inelástico.*

<b>T</b>	<b>Elastico Sa</b>	<b>Inelastico <math>I^*Sa/(fip^*fie^*R)</math></b>
0	1,1904	0,2645
0,1	1,1904	0,2645
0,2	1,1904	0,2645
0,3	1,1904	0,2645
0,4	1,1904	0,2645
0,5	1,1904	0,2645
0,6	1,1904	0,2645
0,7	1,1872	0,2638
0,8	1,0388	0,2308
0,9	0,9234	0,2052
1	0,8311	0,1847
1,1	0,7555	0,1679
1,2	0,6925	0,1539
1,3	0,6393	0,1421
1,4	0,5936	0,1319
1,5	0,5540	0,1231
1,6	0,5194	0,1154
1,7	0,4889	0,1086
1,8	0,4617	0,1026
1,9	0,4374	0,0972
2	0,4155	0,0923
2,1	0,3957	0,0879
2,2	0,3778	0,0839
2,3	0,3613	0,0803
2,4	0,3463	0,0769
2,5	0,3324	0,0739
2,6	0,3196	0,0710
2,7	0,3078	0,0684
2,8	0,2968	0,0660
2,9	0,2866	0,0637
3	0,2770	0,0616
3,1	0,2681	0,0596
3,2	0,2597	0,0577
3,3	0,2518	0,0560
3,4	0,2444	0,0543
3,5	0,2374	0,0528
3,6	0,2308	0,0513
3,7	0,2246	0,0499
3,8	0,2187	0,0486
3,9	0,2131	0,0474
4	0,2078	0,0462

*Nota:* En la tabla se puede observar los valores de espectro elástico e inelástico utilizados para la gráfica del espectro de diseño. Elaborado por: El autor.

## 6.12 Modelación de la Estructura Residencia de la Sra. María Lara.

Mirar la modelación de la estructura en Etabs en Anexo 3.

### 6.12.1 Propiedades de los Materiales ingresados en el Programa Etabs.

#### 6.12.2 Hormigón

Figura 84.

*Resistencia a la Compresión del Hormigón.*

The image shows a screenshot of the 'Material Property Data' dialog box in ETABS software. The dialog is titled 'ET Material Property Data' and has a close button (X) in the top right corner. It is organized into several sections:

- General Data:** Includes fields for Material Name (set to 'Hormigón  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ '), Material Type (Concrete), Directional Symmetry Type (Isotropic), Material Display Color (a pink color swatch), and Material Notes.
- Material Weight and Mass:** Features radio buttons for 'Specify Weight Density' (selected) and 'Specify Mass Density'. It includes input fields for Weight per Unit Volume (2.4028 tonf/m<sup>3</sup>) and Mass per Unit Volume (0.245014 tonf-s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>).
- Mechanical Property Data:** Includes input fields for Modulus of Elasticity, E (1883878.98 tonf/m<sup>2</sup>), Poisson's Ratio, U (0.2), Coefficient of Thermal Expansion, A (0.0000099 1/C), and Shear Modulus, G (784949.57 tonf/m<sup>2</sup>).
- Design Property Data:** Contains a button labeled 'Modify/Show Material Property Design Data...'. There is also a 'Material Damping Properties...' button.
- Advanced Material Property Data:** Contains buttons for 'Nonlinear Material Data...', 'Material Damping Properties...', and 'Time Dependent Properties...'. At the bottom are 'OK' and 'Cancel' buttons.

*Nota:* En la figura se puede observar la definición de las propiedades del hormigón. Elaborado por:

El autor.

### 6.12.2.1 Propiedad del Acero de refuerzo.

Figura 85.

Acero de Refuerzo

Material Property Data

General Data

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

Material Weight and Mass

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume:  tonf/m<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume:  tonf-s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E:  tonf/m<sup>2</sup>

Coefficient of Thermal Expansion, A:  1/C

Design Property Data

Advanced Material Property Data

Nota: En la figura se puede observar la definición de las propiedades del acero de refuerzo.

Elaborado por: El autor a través de ETABS.

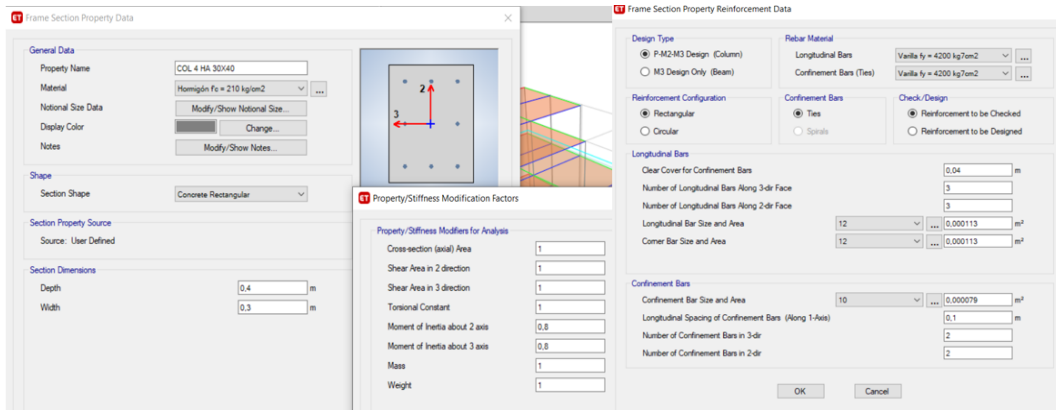
### 6.12.3 Propiedades Geométricas de los Elementos Estructurales.

#### 6.12.3.1 Geometría del Elemento Columna

Para los elementos de columnas además de definir sus secciones se deberá agrietar y colocar el acero requerido para la sección.

**Figura 86.**

*Propiedades de Columna*



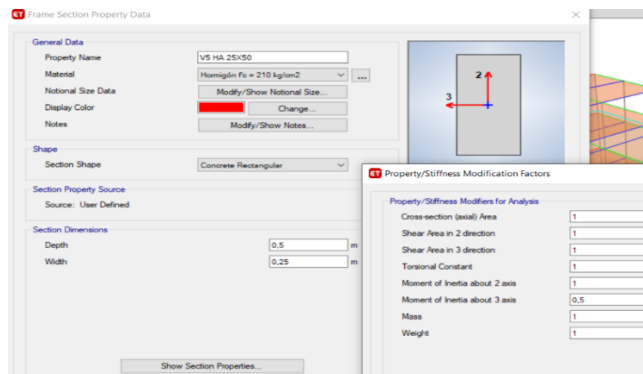
*Nota:* En la figura se puede observar la definición de las medidas de la columna, los agrietamientos y el acero colocado. Elaborado por: El autor.

**6.12.3.2 Geometría del Elemento Viga**

Para los elementos vigas también se deberá agrietar sus secciones.

**Figura 87.**

*Propiedades de Viga*



*Nota:* En la figura se puede observar la definición de las medidas de la viga y el agrietamiento realizado. Elaborado por: El autor.

### 6.12.3.3 Geometría de la Losa Aligerada

Para el caso de losa será en dos direcciones y será modelada como un “Shell Thin”.

**Figura 88.**

*Losa Aligerada.*

ET Slab Property Data

**General Data**

Property Name	Losa aliv. 20cm
Slab Material	Hormigón Fc = 210 kg/cm2
Notional Size Data	Modify/Show Notional Size...
Modeling Type	Shell-Thin
Modifiers (Currently Default)	Modify/Show...
Display Color	Change...
Property Notes	Modify/Show...

**Property Data**

Type	Waffle
Overall Depth	0,2 m
Slab Thickness	0,05 m
Stem Width at Top	0,1 m
Stem Width at Bottom	0,1 m
Spacing of Ribs that are Parallel to Slab 1-Axis	0,5 m
Spacing of Ribs that are Parallel to Slab 2-Axis	0,5 m

OK Cancel

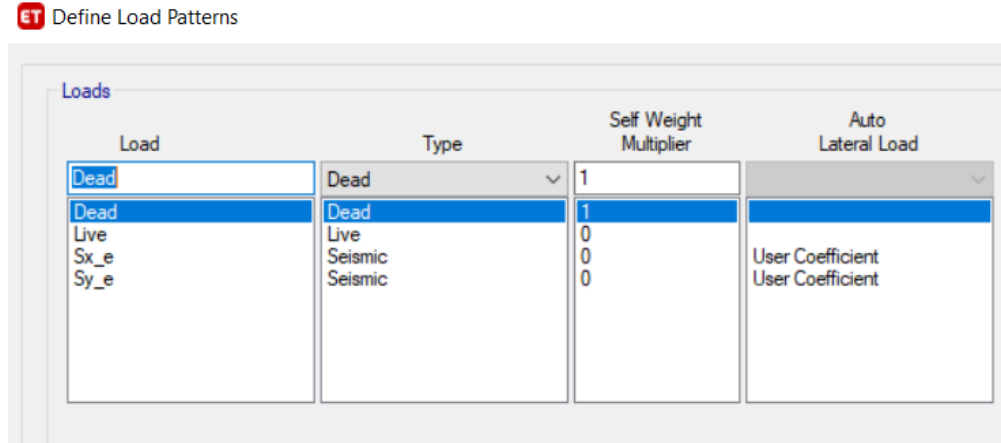
*Nota:* Asignación de las propiedades de la losa en dos direcciones. Elaborado por: El autor a través de ETABS.

### 6.12.4 Definición de Patrones de Carga.

En esta sección se definirán los patrones de carga como son la carga muerta, carga viva, y los sismos tanto en sentido X como en sentido Y.

**Figura 89.**

*Definición de Load Patterns*

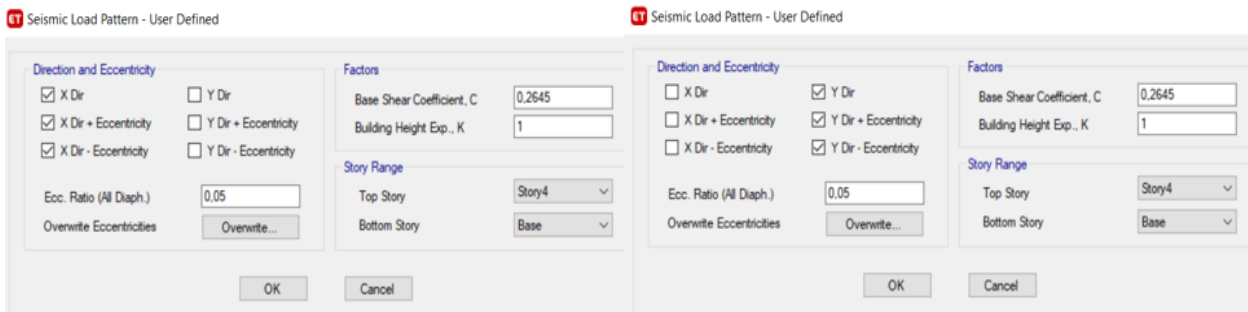


*Nota:* En esta figura se pueden observar todos los patrones de carga a usar en el análisis de la edificación en estudio. Elaborado por: El autor.

#### 6.12.4.1 Definición de Caso para Sismo tanto en Y como en X.

**Figura 90.**

*Caso de Carga Sismo*



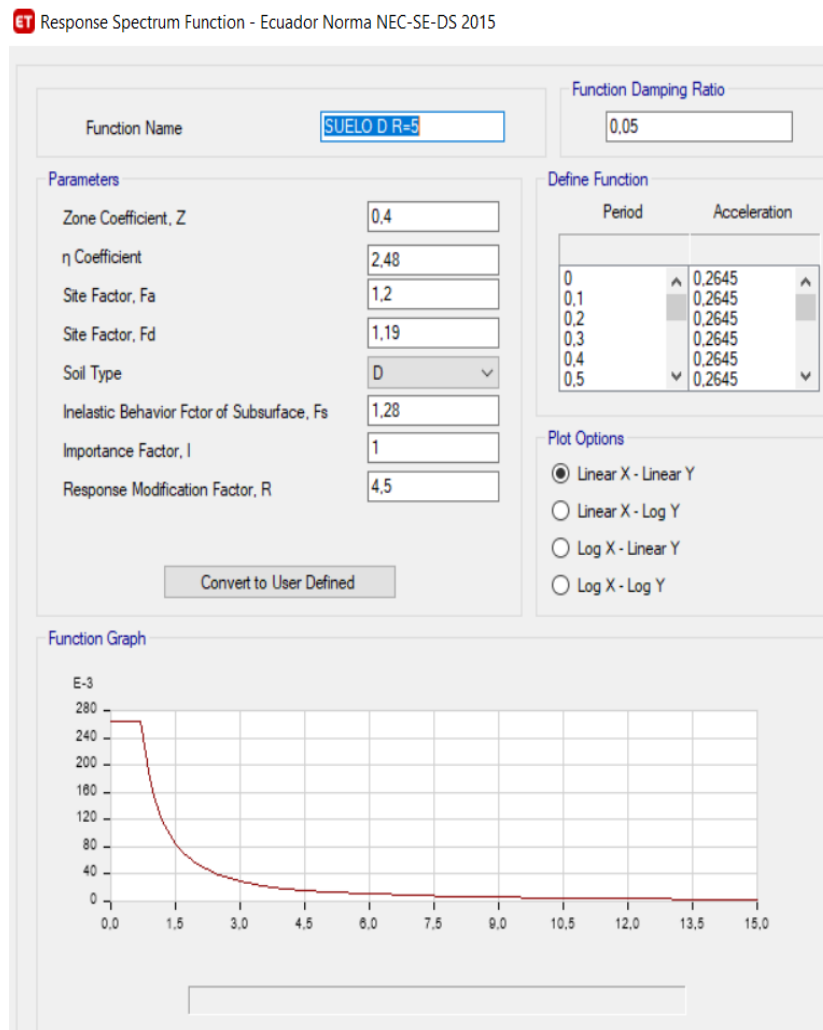
*NOTA:* En la figura se puede observar la asignación de los coeficientes de sismo tanto en X como en Y. Elaborado por: El autor.

### 6.12.5 Definición de Espectro de Diseño.

Para definir nuestro espectro el programa nos presenta varias normas de los diferentes países con los cuales se puede construir el espectro, para nuestro caso seleccionaremos la de NEC-2015.

**Figura 91.**

*Espectro de Diseño*



*Nota:* Se puede observar nuestro espectro de diseño realizado con la NEC-SE-DS Peligro Sísmico.

Elaborado por: El autor a través de ETABS.

### 6.12.6 Definición de Recurso de Masa.

Además de lo definido anterior mente se debe definir el recurso de masa, el cual nos indicara que masa es la que se va a tomar y el porcentaje que se va a tomar.

#### Figura 92.

*Recurso de Masa.*

Load Pattern	Multiplier
Dead	1
Dead	1

*Nota:* En esta figura se puede observar los recursos de masa seleccionados para el análisis de nuestro proyecto de estudio. Elaborado por: El autor a través de ETABS.

### 6.12.7 Análisis de Resultados.

#### 6.12.7.1 Análisis Estático.

Para realizar el análisis estático en la sección 6.12.3.1 ya se definió la carga sísmica tanto en el sentido X como en el sentido Y. Además, de colocar los valores correspondientes al coeficiente de cortante de base C y el coeficiente relacionado con el periodo de vibración de la estructura k.



**Tabla 24.**

*Derivas de Piso Máximas (Análisis Estático).*

Piso	$\Delta$ Elástica		$\Delta$ Inelástica			
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X		Dirección Y	
<b>P4</b>	0,001158	0,001218	0,0043425	CUMPLE	0,0045675	CUMPLE
<b>P3</b>	0,001945	0,002027	0,0072938	CUMPLE	0,0076013	CUMPLE
<b>P2</b>	0,002533	0,002946	0,0094988	CUMPLE	0,0110475	CUMPLE
<b>P1</b>	0,002106	0,002882	0,0078975	CUMPLE	0,0108075	CUMPLE

*Nota:* En la figura se puede observar las máximas derivas de piso tanto en X como en Y en las cuales todas cumplen con las especificaciones de la NEC-SE-DS. Elaborado por: el autor.

#### **6.12.7.2 Análisis Modal Espectral.**

Es un método para cuantificar los desplazamientos y las fuerzas del sistema estructural, a través de un espectro de diseño, el uso de este espectro puede ser de diseño o de respuesta. Calculara solamente las respuestas máximas absolutas de varios grados de libertad (Suntaxi., 2016). Para este análisis tomaremos nuestro espectro de diseño obtenido en la sección 6.11.

Para este análisis se debe especificar el número máximo de modos a considerar el cual son tres modos por piso, que para nuestra estructura en estudio será 12 modos. Debido a que se tiene que alcanzar el 90% de participación de masa, por seguridad colocaremos 15.

Es recomendable chequear los tres primeros modos de vibración. Según (Paz., 2013), “Se debe considerar que los dos primeros modos tengan movimiento traslacional y el tercer modo debe ser torsional” (p. 196)

**Tabla 25.***Comportamiento de la Estructura en Estudio.*

Case	Mode	Period sec	UX	UY	RZ	% Torsion, Traslacion	Tipo
Modal	1	0,48	3,51E-05	0,8894	0,0027	0,30%	TRASLACIONAL
Modal	2	0,427	0,8522	1,37E-06	0,0174	2,04%	TRASLACIONAL
Modal	3	0,371	0,0189	0,0029	0,8567	4532,80%	TORSIONAL
Modal	4	0,164	0,0001	0,0807	0,0003	0,37%	TRASLACIONAL
Modal	5	0,139	0,0899	0,0001	0,0036	4,00%	TRASLACIONAL
Modal	6	0,121	0,0011	0,0004	0,0847	7700,00%	TORSIONAL
Modal	7	0,103	0,0005	0,0207	0,0006	2,90%	TRASLACIONAL
Modal	8	0,095	0,0171	0,0003	0,0064	37,43%	TORSIONAL
Modal	9	0,076	0,0000044	0,0055	1,40E-06	0,03%	TRASLACIONAL
Modal	10	0,073	0,0118	0,00000231	0,0149	126,27%	TORSIONAL
Modal	11	0,063	0,007	0,00000166	0,0083	118,57%	TORSIONAL
Modal	12	0,051	0,0014	0	0,0044	314,29%	TORSIONAL
Modal	13	0,006	0	0	0	0,00%	-
Modal	14	0,006	0	0	0	0,00%	-
Modal	15	0,006	0	0	0	0,00%	-

*Nota:* En la tabla se puede observar que, para nuestra estructura de estudio, cumple con los modos de traslación y rotación. Elaborado por: El autor.

Una vez analizado la estructura en el programa ETABS nos darán el resultado del comportamiento de la estructura como se muestra en la tabla 25, en los cuales se analizó los tres primeros modos comparando que no sobre pase el 15% para que sea trasnacional, caso contrario se determinara como torsional y para la cual se verifica mediante la siguiente ecuación.

$$\% Torsion\ relativa = \frac{Rz}{\max(Ux; Uy)} * 100 )$$

$$\% Torsion\ relativa \leq 15\% (Traslacional)$$

**Tabla 26.***Revisión de Torsión Relativa*

Case	Mode	Period sec	UX	UY	RZ	% Torsion, Traslacion	Tipo
Modal	1	0,48	3,51E-05	0,8894	0,0027	0,30%	TRASLACIONAL
Modal	2	0,427	0,8522	1,37E-06	0,0174	2,04%	TRASLACIONAL
Modal	3	0,371	0,0189	0,0029	0,8567	4532,80%	TORSIONAL

*NOTA:* En la siguiente tabla se muestra el chequeo realizado en los modos y el cual cumple según las condiciones dadas. Elaborado por: El autor.

### 6.12.7.3 Cortante Basal Estático vs Cortante Basal Dinámico.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS) en su sección 6.2.2, nos explica que el cortante basal dinámico no debe ser menor que el 85% del cortante basal estático en estructuras irregulares y 80% en estructuras regulares.

**Tabla 27.***Chequeo de Cortante Basal Estático vs Dinámico*

Análisis de Cortante Basal Sentido X			Análisis de Cortante Basal Sentido Y		
Sx_e	Sx_d		Sy_e	Sy_d	
-66,4454			-66,4454		
56,47859	57,461	CUMPLE	56,47859	59,4371	CUMPLE
CONDICION A CUMPLIR Sd >= 0.85 Se			CONDICION A CUMPLIR Sd >= 0.85 Se		

*Nota:* Como se puede observar en la tabla el chequeo de  $S_d \geq 0.85 S_e$  cumple con la condición, si el caso no cumpliera se debería calibrar el espectro hasta este cumpla con la condición. Elaborado por: El autor.

### 6.12.7.4 Deriva de Piso.

Para verificar las derivas de piso, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS) en su sección 4.2.2, indica que las derivas máximas no deben exceder el 2% de los límites de derivas inelásticas para hormigón armado (NEC-SE-DS Peligro Sismico, 2014). Para realizar este proceso de evaluación se deberá transformar las derivas elásticas en derivas inelástica.

**Figura 93**

*Deriva Máxima Inelástica*

$$\Delta_M = 0.75R\Delta_E$$

Dónde:

$\Delta_M$  Deriva máxima inelástica

$\Delta_E$  Desplazamiento obtenido en aplicación de las fuerzas laterales de diseño reducidas

$R$  Factor de reducción de resistencia

*Nota:* En la figura se puede observar la ecuación para transforma de deriva elástica a inelástica.

Fuente: (NEC-SE-DS Peligro Sismico, 2014).

**Tabla 28.**

*Control de Derivas Dinámico en el Sentido X.*

Story	Output Case	UX m	ALTURA	DISTORSION	DERIVAS ELASTICA	DERIVA INELASTICA	CONTROL	OBSERVACIÓN
Story4	Sx_d	0,01675	2,52	0,002779	0,0011	0,0041	0,02	CUMPLE
Story3	Sx_d	0,013971	2,52	0,003726	0,0015	0,0055	0,02	CUMPLE
Story2	Sx_d	0,010245	2,52	0,005215	0,0021	0,0078	0,02	CUMPLE
Story1	Sx_d	0,00503	2,52	0,00503	0,0020	0,0075	0,02	CUMPLE

*Nota:* En la tabla se puede observar que las derivas inelásticas cumplen con 2%. Elaborado por: El autor.

**Tabla 29.***Control de Derivas Dinámico en el Sentido Y.*

Story	Output Case	UX m	ALTURA	DISTORSION	DERIVAS ELASTICA	DERIVA INELASTICA	CONTROL	OBSERVACIÓN
Story4	Sy_d	0,00063	2,52	0,000533	0,000212	0,00079	0,02	CUMPLE
Story3	Sy_d	9,70E-05	2,52	-0,000045	-0,000018	-0,00007	0,02	CUMPLE
Story2	Sy_d	0,000142	2,52	0,000072	0,000029	0,00011	0,02	CUMPLE
Story1	Sy_d	0,000070	2,52	0,000070	0,000028	0,00010	0,02	CUMPLE

*Nota:* En la tabla se puede observar que las derivas inelásticas cumplen con 2%. Elaborado por: El autor.

## 6.13 Análisis Estático No Lineal.

### 6.13.1 Generalidades.

El análisis estático no lineal es un análisis más avanzado de segundo orden, este tipo de estudios se presenta en niveles de posgrado, para el presente caso de estudio se realizará un análisis no lineal (PUSHOVER) para encontrar el desempeño que tendrá la estructura después o durante un sismo.

A través de un análisis no lineal expuesta a cargas laterales, se puede conocer la capacidad que tiene la estructura para desplazarse, encontrando puntos de desempeño para demandas definidas. Para el cual se realizará a través de la curva capacidad y la formación de rotulas plásticas.

## 6.13.2 Comportamiento de los Materiales.

### 6.13.2.1 Criterio de Aceptación de Acero

Figura 94.

*Propiedad del Acero*

	Tension	Compression	
IO	0,01	-0,005	cm/cm
LS	0,02	-0,01	cm/cm
CP	0,05	-0,02	cm/cm

*Nota:* En la figura se puede observar que el programa ETABS adopta criterio de aceptación, para cuando la deformación llega 0.01 marca ocupación inmediata, 0.02 seguridad de vida y 0.05 prevención del colapso. Elaborado por: el autor.

### 6.13.2.2 Criterio de Aceptación de Acero

Figura 95.

*Propiedad del Hormigón.*

The image shows a software dialog box titled "Nonlinear Material Data" with a close button (X) in the top right corner. The dialog is divided into several sections:

- Material Name and Type:** Material Name: "Hormigón f'c = 210 kg/cm2", Material Type: "Concrete, Isotropic".
- Miscellaneous Parameters:** Hysteresis Type: "Concrete" (dropdown), "Modify/Show Hysteresis Parameters..." button, Drucker-Prager Parameters: Friction Angle: "0" deg, Dilatational Angle: "0" deg.
- Acceptance Criteria Strains:** A table with columns for "Tension" and "Compression", and rows for "IO", "LS", and "CP".

	Tension	Compression	Unit
IO	0,01	-0,003	cm/cm
LS	0,02	-0,006	cm/cm
CP	0,05	-0,015	cm/cm

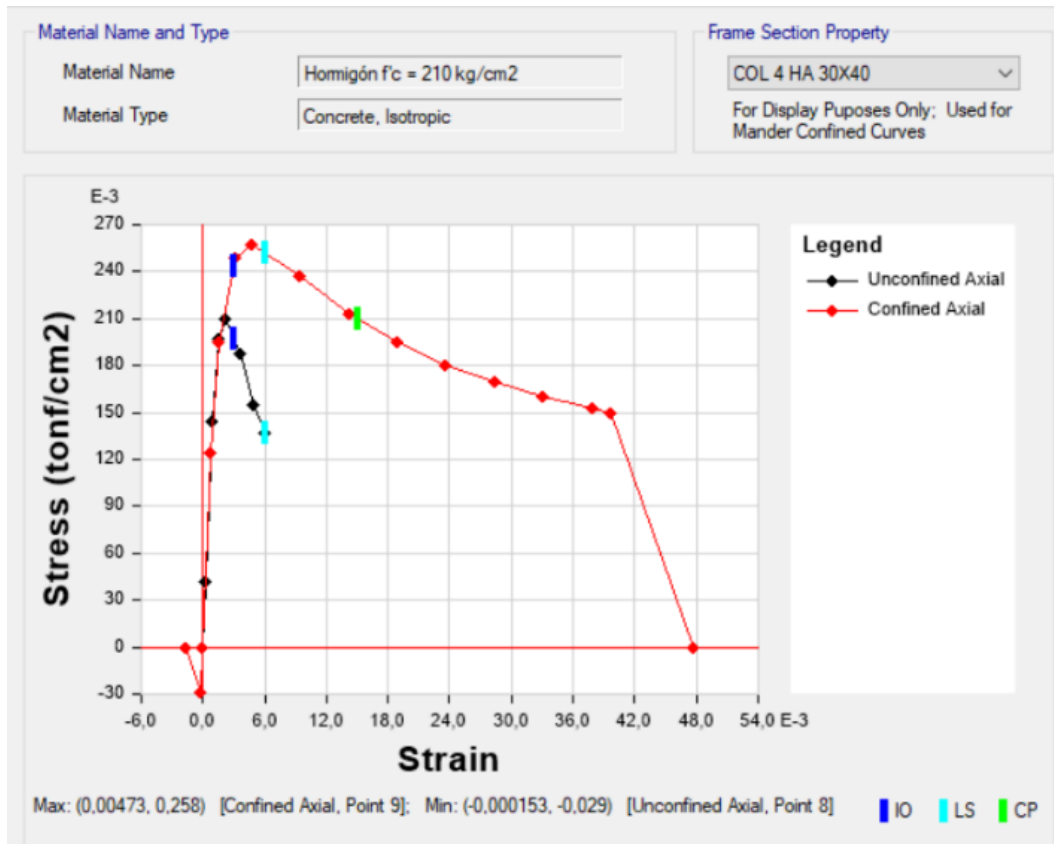
Below the table is a checkbox labeled "Ignore Tension Acceptance Criteria" which is checked.
- Stress Strain Curve Definition Options:** Radio buttons for "Parametric" (selected) and "User Defined". Under "Parametric", a dropdown menu shows "Mander" and a "Convert to User Defined" button.
- Parametric Strain Data:** Strain at Unconfined Compressive Strength, f'c: "0,002219", Ultimate Unconfined Strain Capacity: "0,005", Final Compression Slope (Multiplier on E): "-0,1".

At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancel" buttons, and a "Show Stress-Strain Plot..." button.

*Nota:* En la figura se puede observar que el programa ETABS ignora el trabajo de tracción del hormigón. Elaborado por: El autor.

**Figura 96.**

*Comportamiento del Hormigón*



*Nota:* En la figura se puede observar que el hormigón al estar confinado, mejora su capacidad de resistencia. Fuente: ETABS.

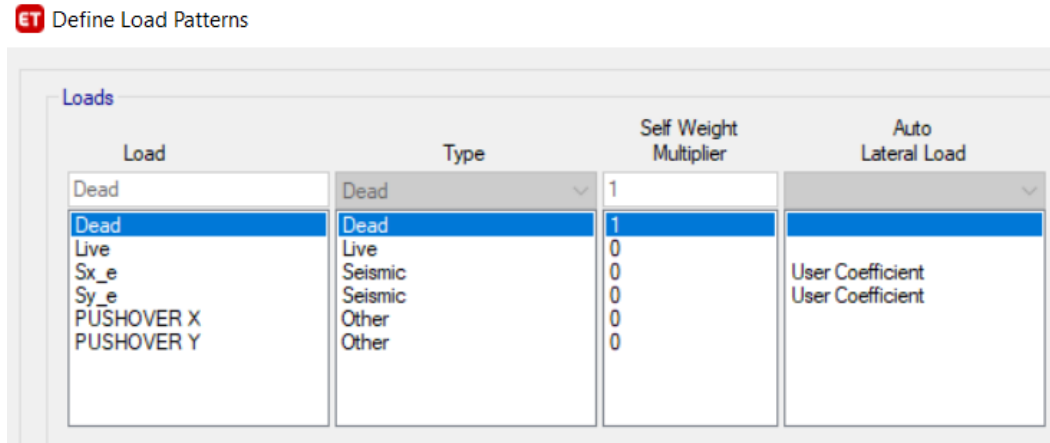
### 6.13.3 Definición de Patrones de Carga.

Para realizar el análisis no lineal (PUSHOVER) debemos definir patrones de carga que se llamaran PUSHOVER X y PUSHOVER Y.



**Figura 97.**

*Patrones de Carga (PUSHOVER).*

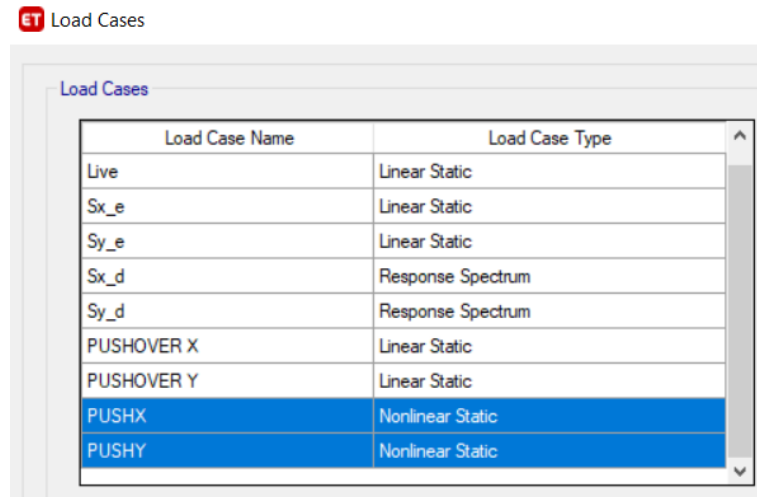


*Nota:* En la figura se puede observar los patrones de carga no lineales creados. Fuente: ETABS.

#### 6.13.4 Definición de Casos de Carga.

**Figura 98.**

*Casos de Carga (PUSHOVER).*



*Nota:* En la figura se puedo observar la creación de los casos de carga para el análisis no lineal.

Fuente: ETABS.

Una vez creado estos patrones de carga se deberán modificar cada uno de estos casos en los dos sentidos, estos de ser establecidos de tipo no lineales y carga aplicada de aceleración.

**Figura 99.**

*Modificación de Casos de Carga (PUSHOVER).*

**ET** Load Case Data

**General**

Load Case Name: PUSHX

Load Case Type: Nonlinear Static

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
Acceleration	UX	100

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Displacement Control

Results Saved: Multiple States

Nonlinear Parameters: User Defined

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

*Nota:* En la figura se puede observar la modificación de caso de carga el cual se lo debe hacer tanto para el caso X como en el caso Y. Fuente: ETABS.

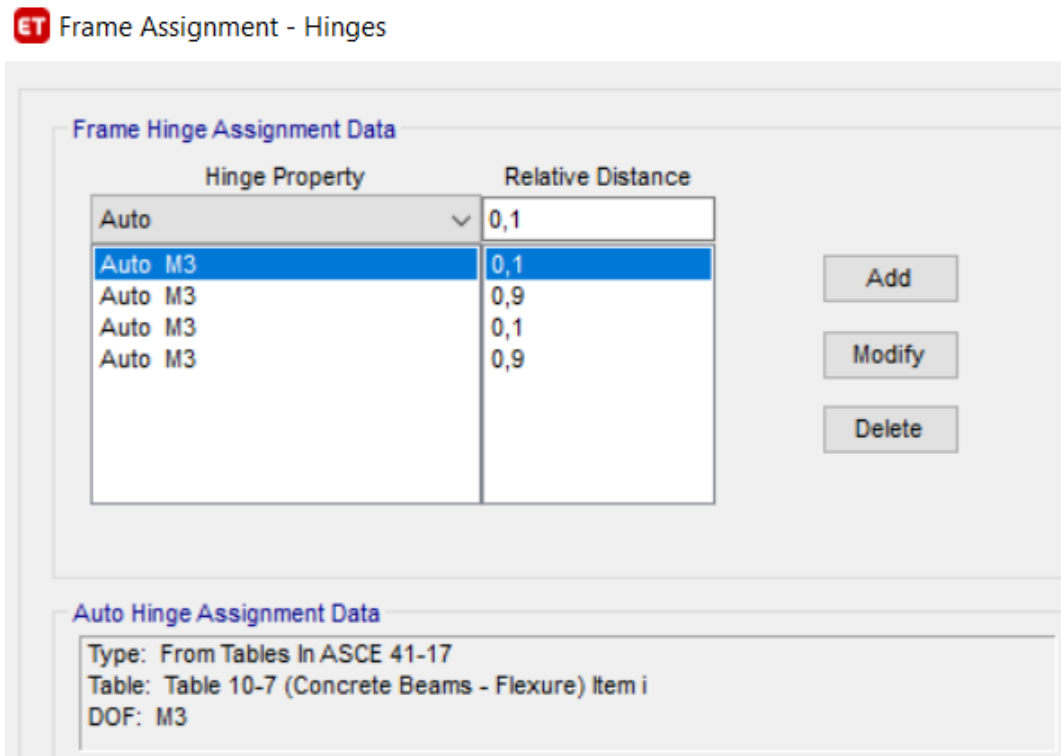
### 6.13.5 Asignación de Rotulas Plásticas para Vigas y Columnas.

En esta sección se asignarán rotulas plásticas tanto para vigas como para columnas, la distancia a las que serán creadas será al 10% y 90% de la altura de columna y longitud de columna (Redim, 2018). Los efectos que se tomaran son: M3 efectos de deflexión para viga y P2-M2-M3 efecto de flexo compresión para columnas. Estas rotulas plásticas serán asignadas tanto en el sentido X como en el sentido Y.

#### 6.13.5.1 Asignación de Rotulas Plásticas en Viga.

Figura 100.

*Rotulas Plásticas Vigas.*



*Nota:* En la figura se puede observar la creación de rotulas plásticas en dos sentidos tanto X como en Y. Fuente: ETABS.

**Figura 101.**

*Propiedades de Rotulas Plásticas Vigas.*

Auto Hinge Type

From Tables In ASCE 41-17

Select a Hinge Table

Table 10-7 (Concrete Beams - Flexure) Item i

Degree of Freedom

M2

M3

V Value From

Case/Combo PUSHX

User Value V2 tonf

Transverse Reinforcing

Transverse Reinforcing is Conforming

Reinforcing Ratio (p - p') / pbalanced

From Current Design

User Value (for positive bending)

*Nota:* En la figura se puede observar que para rotulas plásticas en vigas se usara la ASCCE 41-17 y las tablas 10-7 para vigas. Fuente: ETABS.

### 6.13.5.2 Asignación de Rotulas Plásticas en Columnas.

**Figura 102.**

*Rotulas Plásticas Columnas.*

ET Frame Assignment - Hinges

Frame Hinge Assignment Data

Hinge Property	Relative Distance
Auto	0,1
Auto P-M2-M3	0,1
Auto P-M2-M3	0,9
Auto P-M2-M3	0,1
Auto P-M2-M3	0,9

Add

Modify

Delete

Auto Hinge Assignment Data

Type: From Tables In ASCE 41-17

Table: Table 10-8 and 10-9 (Concrete Columns)

DOF: P-M2-M3

Modify/Show Auto Hinge Assignment Data...

*Nota:* En la figura se puede observar la creación de rotulas plásticas en dos sentidos tanto X como en Y. Fuente: ETABS.

**Figura 103.**

*Propiedad de Rotulas Plásticas Columnas.*

The image shows a software interface for defining plastic hinge properties for columns. It is divided into several sections:

- Auto Hinge Type:** A dropdown menu set to "From Tables In ASCE 41-17".
- Select a Hinge Table:** A dropdown menu set to "Table 10-8 and 10-9 (Concrete Columns)".
- Degree of Freedom:** Radio buttons for M2, M3, M2-M3, P-M2, P-M3, and P-M2-M3. The "P-M2-M3" option is selected.
- P Values From:** Radio buttons for "Case/Combo" (selected) and "User Value". Below are two dropdown menus for "Gravity" and "Gravity + Lateral", both set to "PUSHX".
- Concrete Column Behavior:** Radio buttons for "Not Controlled by Inadequate Development or Splicing" (selected) and "Controlled by Inadequate Development or Splicing".
- Shear Reinforcing Ratio  $p = A_v / (b_w * s)$ :** Radio buttons for "From Current Design" (selected) and "User Value" with an adjacent input field.
- Shear Demand at Flexural Yielding / Shear Capacity ( $V_{yE} / V_{col0E}$ ):** Radio buttons for "Program Calculated" (selected), "User-specified Shear Demand,  $V_{yE}$ ", and "User-specified Ratio,  $V_{yE} / V_{col0E}$ ". The latter two options have input fields for V2 and V3.

*Nota:* En la figura se puede observar que para rotulas plásticas en vigas se usara la ASCCE 41-17 y las tablas 10-8 y 10-9 para columnas. Fuente: ETABS.

### **6.13.6 Ejecutar los Casos de Carga.**

Para realizar el análisis no lineal se deberá correr primeramente los análisis lineales y posteriores a esta los PUSHX, PUSHY y el modal.

**Figura 104.**

*Ventana de Correr Programa.*

ET Set Load Cases to Run

Case	Type	Status	Action
Sy_e	Linear Static	Not Run	Do not Run
Sx_d	Response Spectrum	Not Run	Do not Run
Sy_d	Response Spectrum	Not Run	Do not Run
PUSHOVER X	Linear Static	Not Run	Do not Run
PUSHOVER Y	Linear Static	Not Run	Do not Run
PUSHX	Nonlinear Static	Not Run	Run
PUSHY	Nonlinear Static	Not Run	Run

*Nota:* En la figura se puede observar los carros que se estas ejecutando y lo que no se los realiza.

Fuente: ETABS.

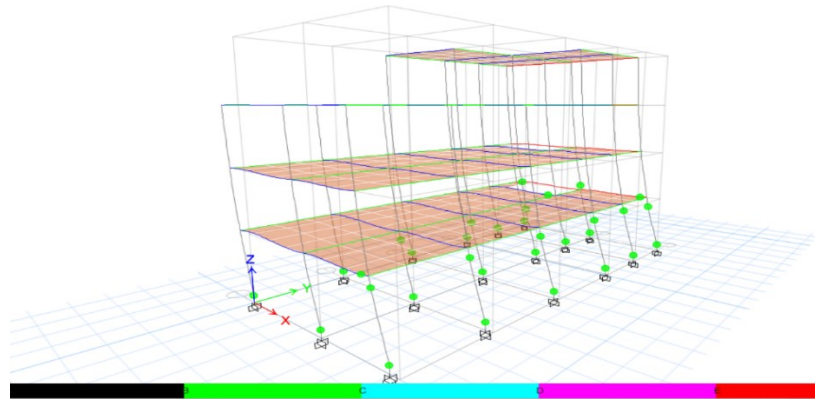
### 6.13.7 Análisis de Resultados (PUSHOVER).

#### 6.13.7.1 Análisis de Rotulas Platicas.

En esta sesión se observará la formación de las rotulas plásticas una vez ejecutado el análisis estático no lineal, tanto en vigas como en columnas.

**Figura 105.**

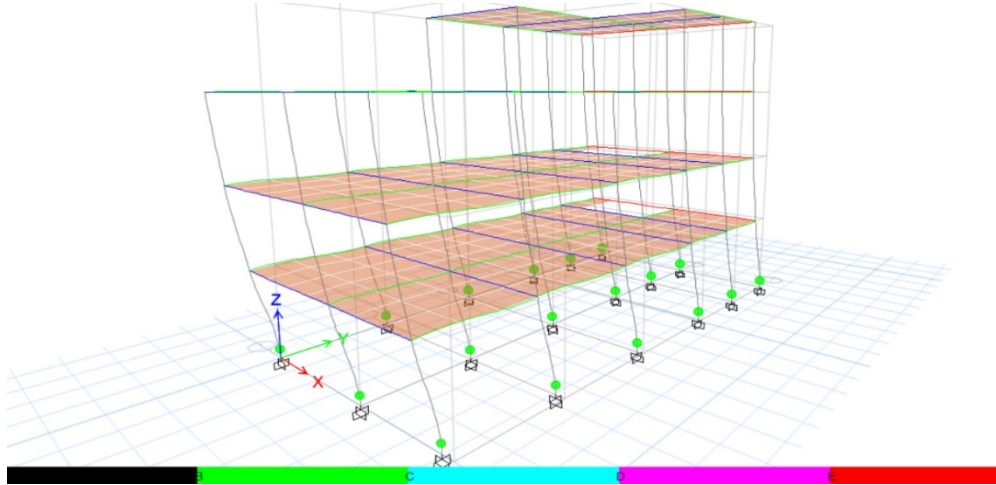
*Rotulas Plásticas en PUSHX*



*Nota:* En la figura se puede observar las rotulas plásticas creadas en el sentido X. Fuente: ETABS.

**Figura 106.**

*Rotulas Plásticas en PUSHY*

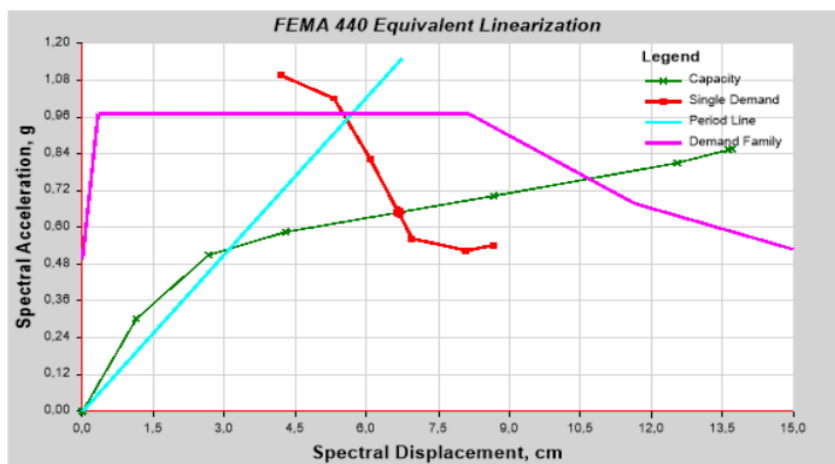


*Nota:* En la figura se puede observar las rotulas plásticas creadas en el sentido Y. Fuente: ETABS.

### 6.13.7.2 Análisis Curvas Pushover.

**Figura 107.**

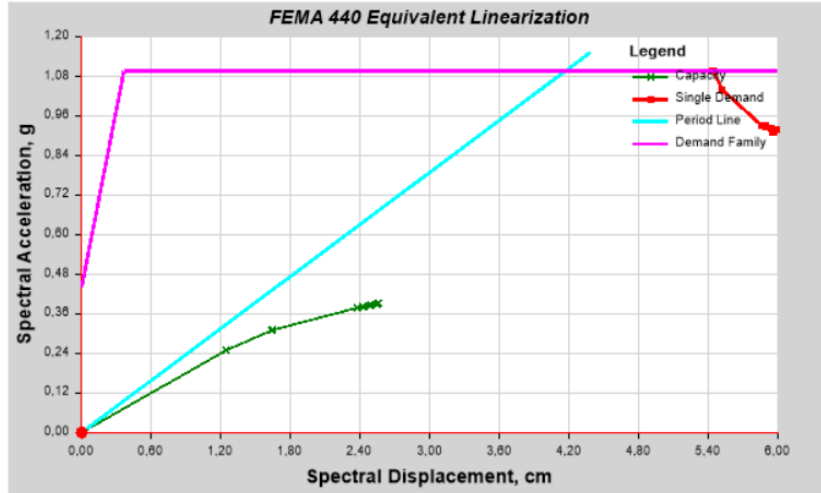
*Curva Sentido X*



*Nota:* En la figura se puede observar la curva del análisis no lineal en el sentido X en base al FEMA 440. Fuente: ETABS.

**Figura 108.**

*Curva Sentido Y*



*Nota:* En la figura se puede observar la curva del análisis no lineal en el sentido Y en base al FEMA 440. Fuente: ETABS.

**Tabla 30.**

*Desplazamiento vs Cortante Basal*

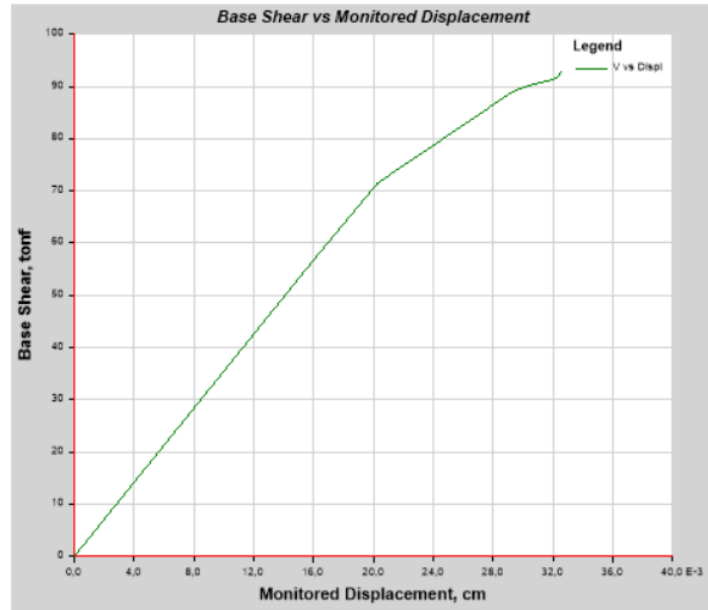
Step	Monitored Disp cm	Base Force tonf	A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
0	0	0	644	0	0	0	0	644	0	0	0	644
1	0,0162	57,378	638	6	0	0	0	644	0	0	0	644
2	0,0203	71,503	608	36	0	0	0	640	0	0	4	644
3	0,0293	88,9042	602	42	0	0	0	624	0	0	20	644
4	0,0304	90,0949	596	48	0	0	0	624	0	0	20	644
5	0,032	91,2502	588	56	0	0	0	624	0	0	20	644
6	0,0324	92,0482	584	60	0	0	0	624	0	0	20	644
7	0,0324	92,2251	584	60	0	0	0	624	0	0	20	644
8	0,0326	92,5936	584	60	0	0	0	624	0	0	20	644

*Nota:* En la tabla se puede observar los valores que toma el análisis en cada paso. Elaborado por:  
El autor.



**Figura 109.**

*Curva de Capacidad Cortante vs Desplazamiento.*



*Nota:* En la figura se puede observar el punto donde la estructura alcanzada su capacidad máxima de desplazamiento es 0.03 cm y cortante basal de 92.5 ton. Fuente: ETABS.

Mediante el análisis estático no lineal del proyecto en estudio se pudo observar, las curvas de capacidad en base al FEMA 440 y la curva de capacidad desplazamiento vs cortante basal, la cual arroja como resultado que la residencia de la Sra., María Lara después de un sismo la edificación tendrá un desempeño de ocupación inmediata, y de seguridad de vida, que mediante las rotulas plásticas se pueden identificar estos puntos de desempeño que tendrá la vivienda después de un sismo.

## **6.14 Modelación de la Cimentación Superficial**

### **6.14.1 Generalidades.**

Par el presente análisis de la cimentación se usará el Programa SAFE, debido a que el presente trabajo está dirigido a la rehabilitación de cimientos se procederá hacer el análisis de zapatas, para verificar si cumple con las condiciones.

### **6.14.2 Estudio de Suelos**

Las características del sitio para el análisis de la cimentación se debe recopilar toda la información necesaria sobre la cimentación de la residencia de la Sra. María Lara, además se debe conocer la capacidad admisible del suelo, el tipo de cimentación, configuración de la cimentación incluida su dimensionamiento, ubicación, composición de los materiales y detalle de su construcción

Para el análisis del presente trabajo se cuenta con la información del estudio del suelo del lugar, con esfuerzo admisible que soporta el suelo  $q_{adm} = 18.20 \text{ ton-m}^2$  y su coeficiente de balasto de  $906 \text{ ton-m}^3$ . Pero si no se tuviera información del coeficiente de balasto se puede usar una formula empírica la cual es 120 veces el esfuerzo admisible.

### **6.14.3 Cimentación de la estructura**

En base a información obtenida de los planos arquitectónicos se puedo conocer que la edificación cuenta con zapatas aisladas que posee medidas de  $1.20 \times 1.20 \text{ m}$  con una altura de  $0.40 \text{ m}$ , además, de contar con cadenas de amarre de  $25 \times 25 \text{ cm}$ .

**Figura 110.**

*Cuadro de Plintos.*

CUADRO DE PLINTOS, CIMENTOS								
TIPO	DIMENSIONES			UBICACION	ARMADURA		H.F.	r.
	A	B	H		SENTIDO X	SENTIDO Y		
P1	1.20	1.20	0.40	A1, B1, C1, D1, E1, F1. A3, B3, C3, D3, E3, F3. A2, B2, C2, D2, E2, F2.	8 Ø 12 mm	8 Ø 12 mm	-1.50	-0.10

*Nota:* En la presente figura se puede observar el armado de la zapata y su dimensionamiento.

Elaborado por: El autor.

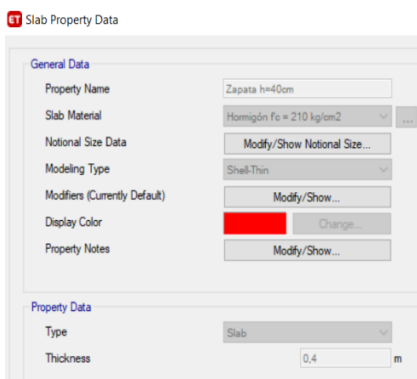
#### **6.14.4 Modelación de Zapata Aislada en el Programa SAFE.**

##### **6.14.4.1 Definición de Sección**

Para el modelamiento de las zapatas estudio se realizará un esquema en el Programa ETABS, para luego ser exportado a nuestro programa SAFE y analizar que cumpla con las condiciones de qadm y que estén dentro del rango de asentamiento.

**Figura 111.**

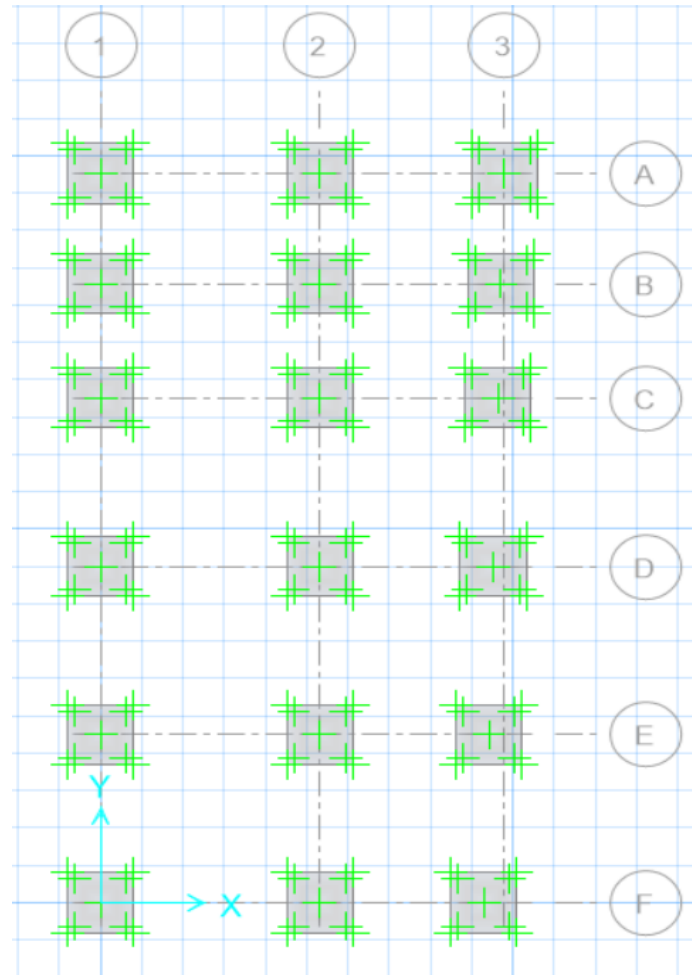
*Definición del Elemento Zapata.*



*Nota:* En la figura se puede observar que para el presente análisis se definió una zapata con espesor 40 cm y de tipo Shell Thin. Elaborado por: El autor.

**Figura 112.**

*Vista en Planta de la Distribución de Zapatas.*



*Nota:* En la gráfica se puede observar la distribución de las zapatas en toda el área de la estructura.

Elaborado por: El autor a través de SAFE.

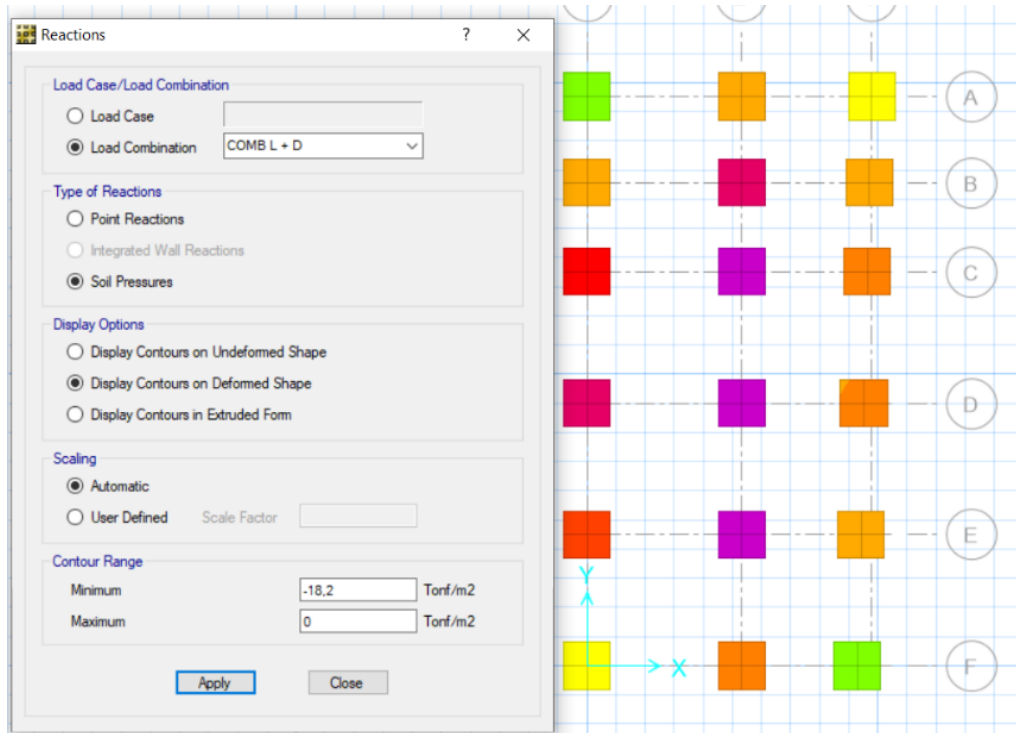
#### **6.14.5 Análisis De Resultado**

A continuación, se verificará que todas las zapatas que se encuentra en la edificación cumplan con esfuerzo admisible y su asentamiento.

### 6.14.5.1 Verificación de Esfuerzo Admisibles en la Estructura

Figura 113.

*Verificación de Esfuerzo admisible.*



*Nota:* En la figura se puede observar el análisis de las zapatas donde se puede apreciar que tres de ellas no cumplen con el esfuerzo admisible. Elaborado por: El autor.

A continuación, realizaremos una comprobación de forma manual y con el programa SAFE, y de esta manera calcular el porcentaje de errores que existe una de la otra para lo cual se tomara el eje 2 más crítico.

**Tabla 31.**

*Tabla de Comparación de Esfuerzos Admisibles.*

ZAPATA	CALCULO ton-m2	SAFE ton-m2	% ERROR	qadm ton-m3	CALCULO	SAFE
A2	10,897	11,3	3,57	18,2	CUMPLE	CUMPLE
B2	17,411	17,93	2,89	18,2	CUMPLE	CUMPLE
C2	23,63	24,27	2,64	18,2	NO CUMPLE	NO CUMPLE
D2	25,095	25,71	2,39	18,2	NO CUMPLE	NO CUMPLE
E2	23,289	23,76	1,98	18,2	NO CUMPLE	NO CUMPLE
F2	12,95	13,55	4,43	18,2	CUMPLE	CUMPLE

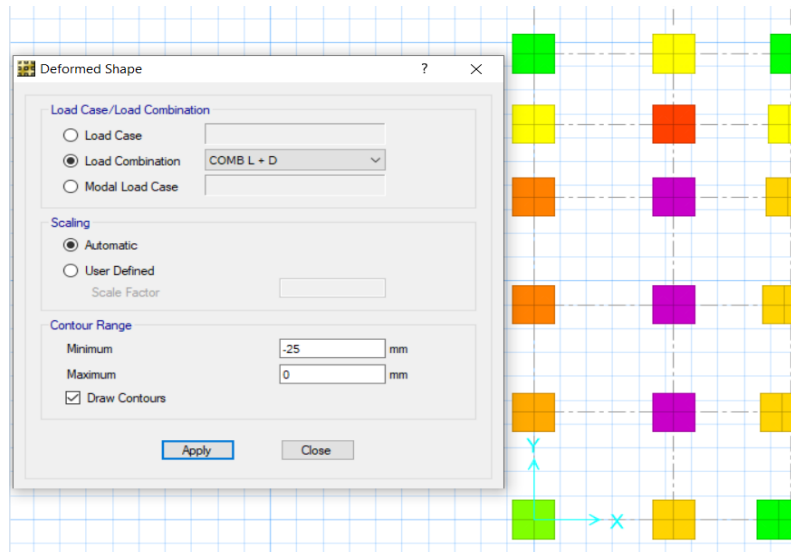
*Nota:* En la siguiente tabla se puede observar el análisis del Eje más crítico. Elaborado por: El autor.

Cálculo del esfuerzo admisible manual se puede observar en el Anexo 4.

#### 6.14.5.2 Verificación de Asentamientos de las Cimentaciones

**Figura 114.**

*Verificación de Asentamientos de las Cimentaciones.*



*Nota:* En la figura se puede observar los elementos de la cimentación que fallan por asentamiento.

Fuente: SAFE.

Con ayuda del programa SAFE se pudo verificar que los asentamientos en los puntos 2C, 2D .2E sobrepasan el asentamiento mínimo de 25 mm.

**Tabla 32.**

*Verificación de Asentamientos.*

ZAPATA	ASENTAMIENTO (mm)	ASENTAMIENTO (mm)	OBSERVACION
A2	12,568	25	CUMPLE
B2	19,845	25	CUMPLE
C2	26,79	25	NO CUMPLE
D2	28,38	25	NO CUMPLE
E2	26,22	25	NO CUMPLE
F2	14,96	25	CUMPLE

*Nota:* En la tabla se puede observar la verificación de los asentamientos en la estructura de estudio.

Elaborado por: El autor.

Una vez realizados realizado la revisión de la estructura de la residencia de la Sra. María Lara mediante un análisis lineal y un análisis no lineal estático, se pudo encontrar que con respecto a la superestructura cumple con las normativas requeridas por la NEC-15.

Con respecto a lo que son las cimentaciones y a donde está enfocado este proyecto de estudio, se pudo verificar que algunos de sus ejes no cumplen con los esfuerzos admisibles y asentamientos que requiere el lugar donde está implantada la construcción por lo cual se necesita realizar una rehabilitación.

Cabe mencionar que antes de realizar la rehabilitación se procederá a la ampliación de la edificación a dos pisos adicionales, ya que este proyecto de estudio se centra en lo antes mencionado. Por lo cual la rehabilitación de las cimentaciones se la realizará una vez que se cuente con la edificación definitiva con las dos plantas adicionales que se le va aplicar a la edificación.

## **CAPITULO VII**

### **7. PROPUESTA DE AMPLIACION Y ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN**

#### **7.1 Generalidades**

El presente capitulo contiene el desarrollo de un pre diseño de ampliación de la residencia de las Sra. María Lara la cual contará con la adición de dos plantas y las alternativas de rehabilitación para la estructura, ya que como se observó en el capítulo 6 con respecto a las cimentaciones estas no cumplían con los esfuerzos admisibles y asentamientos que la construcción requería.

Por lo cual en el presente capitulo las alternativas de rehabilitación se desarrollará junto con la ampliación de la vivienda, ya que al tener problemas con la estructura original con la ampliación estas no cambiarán, de lo contrario nos encontremos con más elementos que no cumplan, por lo cual el proceso de rehabilitación se dejará al final para desarrollar con las ultimas solicitudes que nos dará la edificación.

#### **7.2 Consideraciones de Diseño**

Para el pre diseño de la ampliación de la vivienda nos seguiremos rigiendo en las normativas utilizadas en la evaluación de la estructura original, debido a que estos pisos adicionales seguirán siendo estructuras de hormigón armado, con su misma resistencia a la compresión, con el mismo acero de fluencia entre otro, que se irán nombrando con el desarrollo del pre diseño de la ampliación.

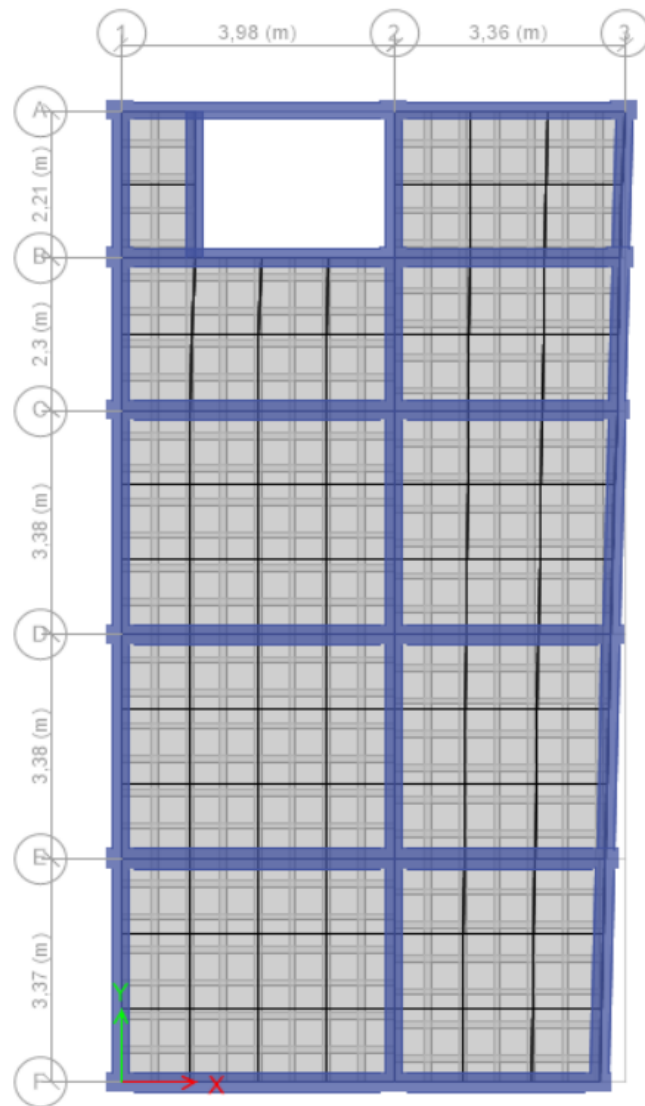


### 7.3 Geometría Propuesta

La nueva geometría de los pisos adicionales se estableció con respecto al modelo original para mantener la disposición de columnas y vigas con respecto a la altura será igual que las demás plantas para poder mantener la uniformidad entrepiso.

**Figura 115.**

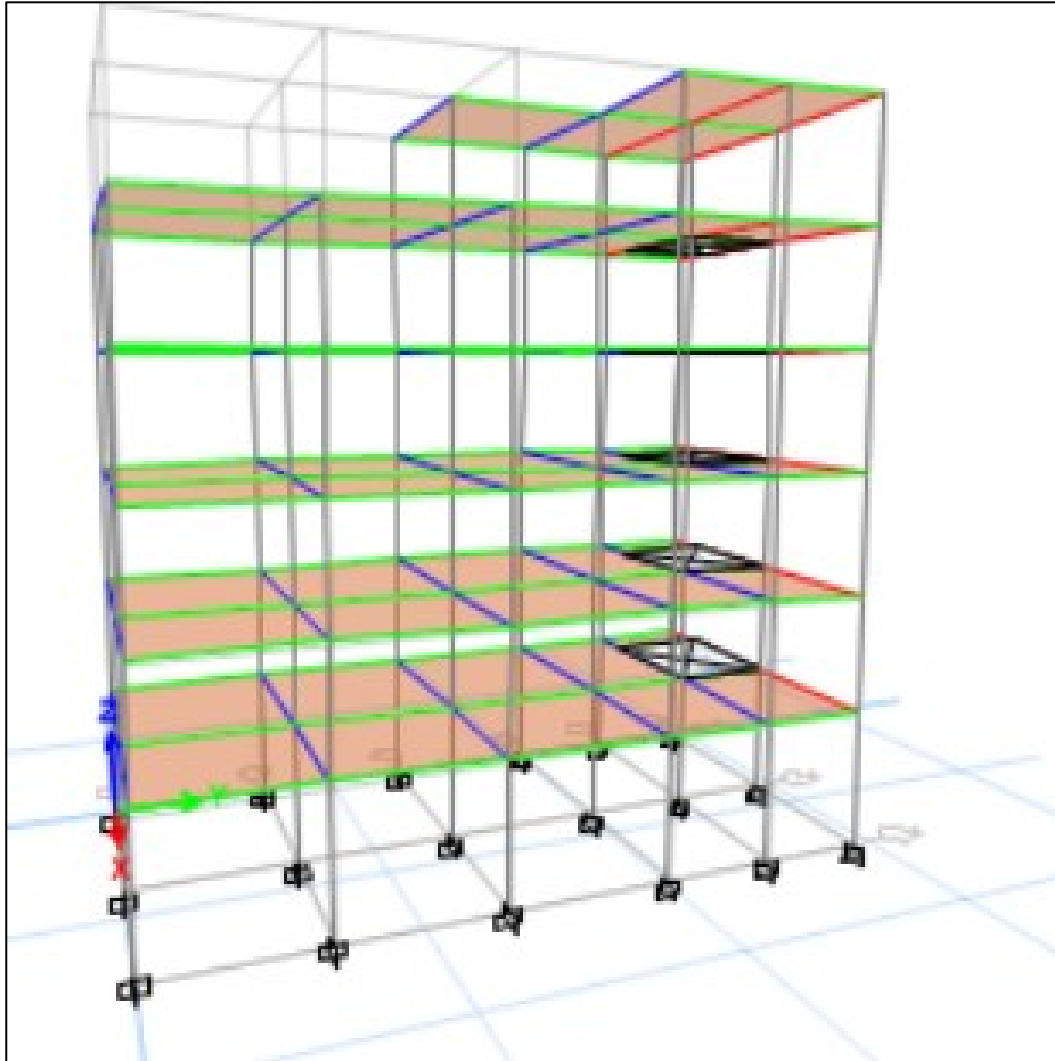
*Geometría de Piso Propuesto*



*Nota:* Vista en Planta de la Propuesta de Ampliación. Fuente: Autor.

**Figura 116.**

*Geometría de Piso Propuesto.*



*Nota:* Vista en Elevación de la Propuesta de Ampliación. Fuente: Autor.

#### **7.4 Distribución de Elementos (Ampliación)**

##### **6.14.6 Elementos Estructurales Losa, Vigas y Columnas (Ampliación)**

EL dimensionamiento y armado de losas y vigas será similar al modelo original

**Tabla 33.***Dimensión de Vigas y Losa para Ampliación*

Pisos	Vigas		Losa	
	b (cm)	h (cm)	Espesor (cm)	Altura de Piso (cm)
4, 5	25	50	20	252
	30	35		
	25	30		
Terraza	25	50	20	252
	30	35		
	25	30		

Elaborado por: El autor.

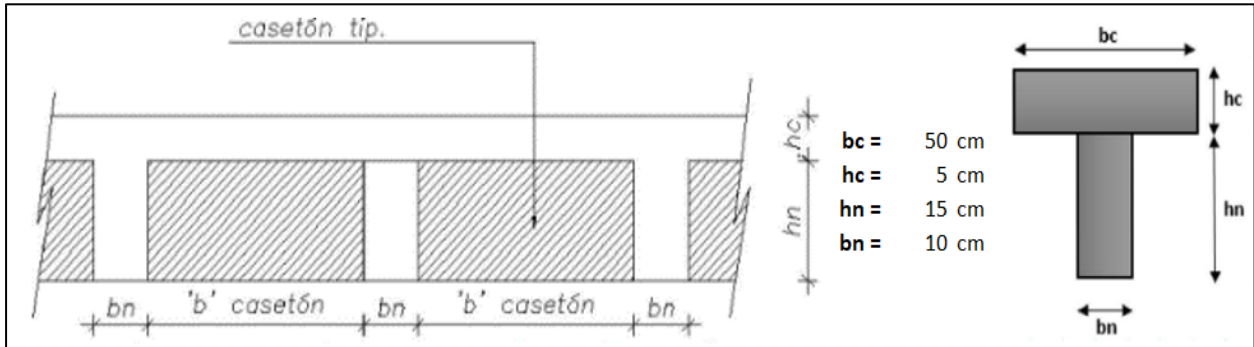
**Tabla 34.***Armado de Viga*

Secciones					
<b>Seccion (cm)</b>	25x50	<b>Seccion (cm)</b>	30x35	<b>Seccion (cm)</b>	25x30
<b>Refuerzo</b>	6 Ø 12	<b>Refuerzo</b>	6 Ø 12	<b>Refuerzo</b>	6 Ø 12

*Nota:* Vista de la distribución del armado de vigas. Elaborado por: El autor.

**Figura 117.**

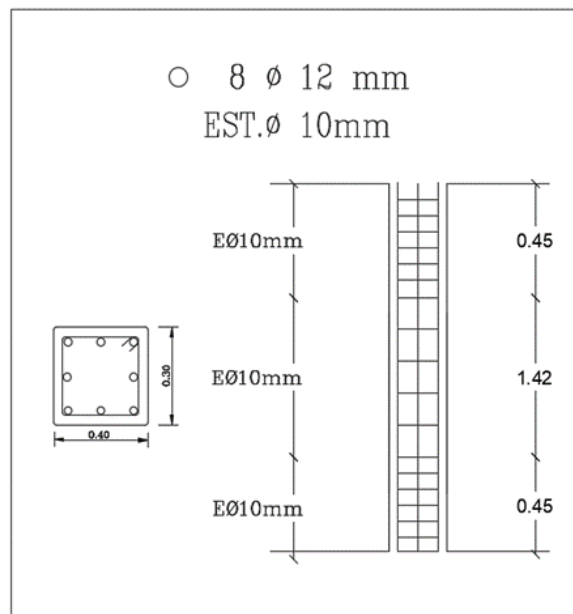
*Sección de Losa de la Estructura de Ampliación.*



*Nota:* La losa será armado en dos direcciones. Elaborado por: El autor.

**Figura 118.**

*Columnas Propuesta Para la Ampliación.*



*Nota:* Vista de armado longitudinal y transversal de columnas. Elaborado por: El autor.

## 7.5 Nuevas Cargas a considerar (Ampliación)

### 7.5.1 Cargas Permanentes

Para la ampliación de la vivienda la mampostería se la realizará de dos formas, la cual en paredes exteriores se las realizará con bloque de 40x20x12 mientras que paredes internas se la realizará con paneles estructurales denominados ZIPWALL los cuales se usaran para poder aligerar el peso permanente de la edificación y así ayudar al diseño de los elementos.

M. Mera (comunicación personal, 07 de enero, 2022) Desde el punto de vista práctico ZIPWALL incorpora la estructura, la cubierta y la aislación en un solo elemento, estos pueden ser estructurales o no estructurales. Estos paneles actúan como “escudo retardador” ante fluctuaciones de temperatura exterior reduciendo de 5 a 8 grados centígrados.

#### Figura 119.

*Panel Estructural ZIPWALL*



Fuente: Mera (2022).

Cálculo del peso de la mampostería mirar Anexo 5

**Tabla 35.***Tipos de Paneles*

TIPO DE PANEL	DESCRIPCION	DIMENSIONES			PESO UNITARIO (Kg)	USO
		LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)		
ZT118A	Zipwall100-8Mgo	2440	1220	118	59,02	Paredes interiores y estructuras portantes menores
ZE120A	Zipwall100-10Mgo	2440	1220	120	72,87	Paredes exteriores y estructuras portantes colaborante
ZT150A	Zipwall150-8Mgo	2440	1220	150	61,82	Paredes o muros esbeltos
ZE150A	Zipwall150-10Mgo	2440	1220	150	75,1	Paredes portantes y especiales, y para losas entrepiso
ZT200A	Zipwall200-8Mgo	2440	1220	200	64,05	Paredes o muros esbeltos
ZE200A	Zipwall200-10Mgo	2440	1220	200	77,33	Sistemas portantes integrales
ZT250A	Zipwall250-8Mgo	2440	1220	250	67,63	Sistemas portantes integrales
ZE250A	Zipwall250-10Mgo	2440	1220	250	80,92	Sistemas portantes integrales

*Nota:* Vista de los tipos de paneles con sus respectivas características. Fuente: El autor adaptado a (Mera, 2022).

**Tabla 36.***Nuevas Cargas Permanentes para la Ampliación de la Estructura.*

	ELEMENTO	CARGA	TOTAL (ton-m2)
<b>MAMPOSTERIA</b>	Bloque	0,0706	
	Mortero para Blooque	0,0295	0,1551
	Enlucido	0,055	
<b>PANEL ZIPWALL</b>	TIPO		
	ZT118A	0,0104	0,0104
<b>ACABADOS</b>	Masillado	0,027	
	Instalaciones	0,0065	0,0335

Fuente: El autor.

**7.5.2 Cargas Vivas**

Para la carga viva de los nuevos pisos adicionales, su ocupación será para uso residencial por lo cual tomaremos un valor de 0.20 ton/m<sup>2</sup> para Uso Residencial.

### 7.5.3 Cargas Sísmica

Para las solicitaciones de carga sísmica cambiarán debido a que su altura cambiará, haciendo que el espectro elástico de diseño cambiara al igual que su periodo natural será diferente.

Cabe mencionar que las condiciones de sitio como son: los coeficientes de ampliación dinámica, los coeficientes de irregularidad y los factores R e I serán el mismo y que estos no están relacionados al momento del pre diseño de la ampliación.

### 7.6 Nuevo Periodo de Vibración por Ampliación

Detallando que el periodo de vibración calculado en esta sección es un valor conservador, que nos ayudará como referencia al momento de revisar en el modelo de ETABS el cual nos da un valor más real.

**Tabla 37.**

*Periodo de Vibración (Ampliación).*

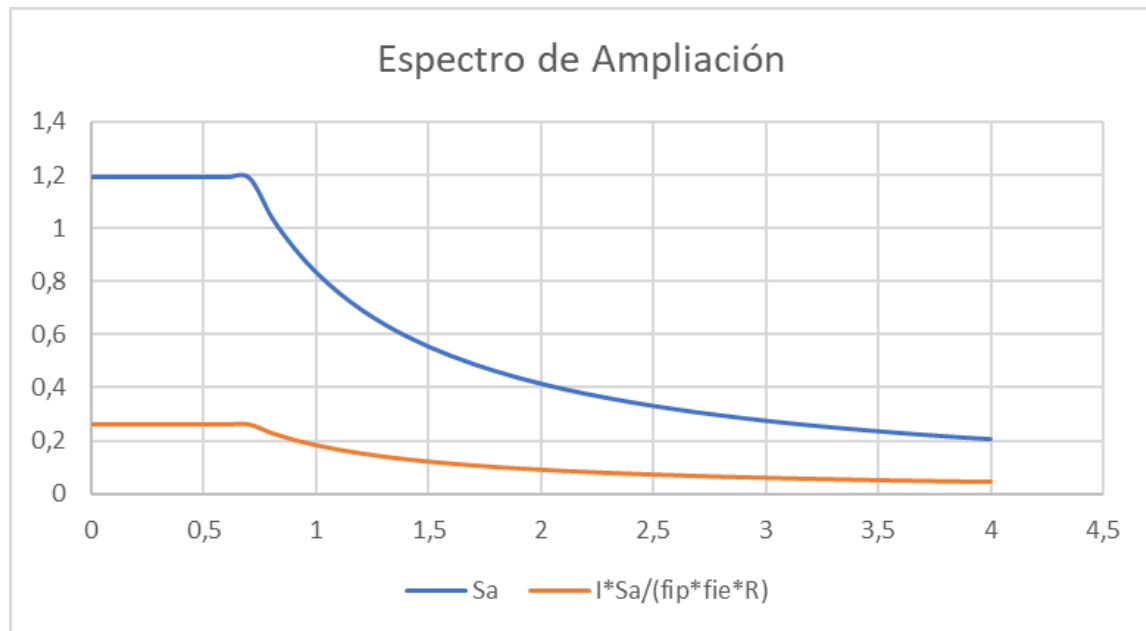
<b>Coficiente</b>	<b>Valor</b>
Ct	0,055
hn	15,48
$\alpha$	0,9
T (s)	0,647

*Nota:* En la tabla se puede observar el nuevo periodo natural calculado debido al cambio de altura por la ampliación. Elaborado por: El autor.

## 7.7 Espectro de Diseño debido a la Ampliación

**Figura 120.**

*Nuevo Espectro de Diseño.*



*Nota:* Vista del espectro elástico e inelástico. Elaborado por: El autor



**Tabla 38.***Valores para el Nuevo Espectro.*

T	Elastico Sa	Inelastico $I^*Sa/(fip*fie*R)$
0	1,190	0,265
0,1	1,190	0,265
0,2	1,190	0,265
0,3	1,190	0,265
0,4	1,190	0,265
0,5	1,190	0,265
0,6	1,190	0,265
0,7	1,187	0,264
0,8	1,039	0,231
0,9	0,923	0,205
1	0,831	0,185
1,1	0,756	0,168
1,2	0,693	0,154
1,3	0,639	0,142
1,4	0,594	0,132
1,5	0,554	0,123
1,6	0,519	0,115
1,7	0,489	0,109
1,8	0,462	0,103
1,9	0,437	0,097
2	0,416	0,092
2,1	0,396	0,088
2,2	0,378	0,084
2,3	0,361	0,080
2,4	0,346	0,077
2,5	0,332	0,074
2,6	0,320	0,071
2,7	0,308	0,068
2,8	0,297	0,066
2,9	0,287	0,064
3	0,277	0,062
3,1	0,268	0,060
3,2	0,260	0,058
3,3	0,252	0,056
3,4	0,244	0,054
3,5	0,237	0,053
3,6	0,231	0,051
3,7	0,225	0,050
3,8	0,219	0,049
3,9	0,213	0,047
4	0,208	0,046

Elaborado por: El autor.

## 7.8 Modelación de la Estructura con Ampliación.

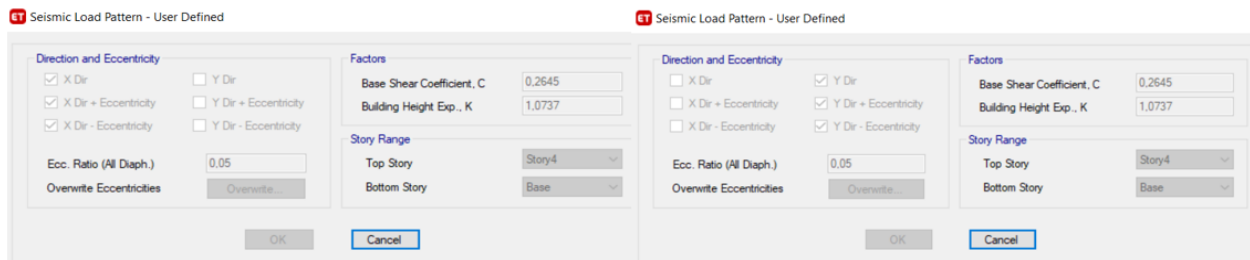
Para la modelación de la nueva estructura con ampliación de forma general no se harán muchos cambios con respecto al modelo sin ampliación.

### 7.8.1 Cambios en los Casos de Carga Sísmica.

Al tener una nueva altura de la estructura los coeficientes “C” y “k” con respecto a los sismos estáticos en “Y” y EN “X” cambiarán.

**Figura 121.**

*Cambio en Carga Sisma.*



Elaborado por: El autor.

## 7.9 Análisis de Resultados con Ampliación

### 7.9.1 Análisis Estático por Ampliación

**Tabla 39.**

*Derivas de Piso Máximas (Análisis Estático) por Ampliación.*

Piso	$\Delta$ Elástica		$\Delta$ Inelástica			
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X		Dirección Y	
<b>P6</b>	0,001331	0,00145	0,0049913	CUMPLE	0,0054375	CUMPLE
<b>P5</b>	0,002287	0,002416	0,0085763	CUMPLE	0,00906	CUMPLE
<b>P4</b>	0,003232	0,003614	0,01212	CUMPLE	0,0135525	CUMPLE
<b>P3</b>	0,004002	0,004524	0,0150075	CUMPLE	0,016965	CUMPLE
<b>P2</b>	0,00447	0,005119	0,0167625	CUMPLE	0,0191963	CUMPLE
<b>P1</b>	0,003301	0,004528	0,0123788	CUMPLE	0,01698	CUMPLE

*Nota:* Se puede observar en la figura que las derivas máximas cumplen. Elaborado por: El autor

## 7.9.2 Análisis Modal Espectral por Ampliación.

Para este nuevo análisis por ampliación se debe especificar el número máximo de modos, se sabe de la sección 6.12.6.2 que se considera tomar 3 modos por piso y que para nuestra estructura con ampliación será 18 modos. Debido a que se tiene que alcanzar 90% de participación de masa por seguridad colocaremos 21.

Para chequear traslación y torsión tomaremos los tres primeros modos que son los que nos recomiendan, de los cuales no debe sobrepasar el 15% de participación para considerarlo traslacional.

$$\% \text{ Torsion relativa} = \frac{Rz}{\max(Ux; Uy)} * 100 )$$

$$\% \text{ Torsion relativa} \leq 30\% (\text{Traslacional})$$

**Tabla 40.**

*Comportamiento de la Estructura por Ampliación*

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0,724	0,000600	0,858100	0,000000	0,000600	0,858100	0,000000	0,160600	0,000023	0,002500	0,160600	0,000023	0,002500
Modal	2	0,659	0,837600	0,000800	0,000000	0,838200	0,858900	0,000000	0,000100	0,170900	0,003600	0,160700	0,170900	0,006100
Modal	3	0,576	0,003600	0,002400	0,000000	0,841800	0,861400	0,000000	0,000047	0,026000	0,842500	0,160800	0,197000	0,848600
Modal	4	0,243	0,000100	0,096100	0,000000	0,841900	0,957400	0,000000	0,717400	0,000400	0,000300	0,878200	0,197400	0,848900
Modal	5	0,213	0,105600	0,000100	0,000000	0,947500	0,957500	0,000000	0,000600	0,656200	0,000200	0,878800	0,853500	0,849100
Modal	6	0,187	0,000200	0,000300	0,000000	0,947700	0,957800	0,000000	0,001600	0,005100	0,100900	0,880400	0,858700	0,950100
Modal	7	0,144	0,000100	0,025800	0,000000	0,947800	0,983600	0,000000	0,046200	0,000100	0,000200	0,926500	0,858800	0,950200
Modal	8	0,121	0,027700	0,000100	0,000000	0,975500	0,983700	0,000000	0,000200	0,050800	0,000200	0,926700	0,909600	0,950400
Modal	9	0,107	0,001400	0,000700	0,000000	0,976900	0,984400	0,000000	0,002900	0,001800	0,026400	0,929600	0,911300	0,976800
Modal	10	0,104	0,000035	0,010100	0,000000	0,976900	0,994400	0,000000	0,051100	0,000200	0,001600	0,980700	0,911500	0,978400
Modal	11	0,095	0,008800	0,000100	0,000000	0,985700	0,994500	0,000000	0,000500	0,031300	0,003800	0,981200	0,942800	0,982200
Modal	12	0,082	0,000013	0,004600	0,000000	0,985800	0,999100	0,000000	0,015700	0,000100	0,000003	0,996900	0,942900	0,982200
Modal	13	0,076	0,007300	0,000001	0,000000	0,993000	0,999100	0,000000	0,000002	0,035200	0,005800	0,996900	0,978000	0,988000
Modal	14	0,07	0,003900	0,000008	0,000000	0,996900	0,999100	0,000000	0,000033	0,013200	0,006800	0,996900	0,991200	0,994800
Modal	15	0,068	0,000005	0,000900	0,000000	0,996900	1,000000	0,000000	0,003100	0,000014	0,000013	1,000000	0,991200	0,994800
Modal	16	0,057	0,002200	0,000000	0,000000	0,999100	1,000000	0,000000	0,000003	0,005400	0,002900	1,000000	0,996600	0,997700
Modal	17	0,054	0,000700	0,000000	0,000000	0,999800	1,000000	0,000000	0,000001	0,002400	0,001500	1,000000	0,999000	0,999100
Modal	18	0,047	0,000200	0,000000	0,000000	1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,001000	0,000900	1,000000	1,000000	1,000000
Modal	19	0,006	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Modal	20	0,006	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	1,000000	1,000000
Modal	21	0,006	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	1,000000	1,000000	1,000000

Elaborado por: El autor.

**Tabla 41.***Revisión de Torsión por Ampliación*

Case	Mode	Period sec	UX	UY	RZ	% Torsion, Traslacion	Tipo
Modal	1	0,724	0,000600	0,858100	0,002500	0,29%	TRASLACIONAL
Modal	2	0,659	0,837600	0,000800	0,003600	0,43%	TRASLACIONAL
Modal	3	0,576	0,003600	0,002400	0,842500	23402,78%	TORSIONAL

*Nota:* En la tabla se puede observar que los dos primeros modos cumplen con la traslación.

Elaborado por: El autor.

### 7.9.3 Revisión del Cortante Basal Estático vs Cortante Basal Dinámico por Ampliación.

Para la revisión del cortante basal estático con el dinámico, se debe verificar que el dinámico sea mayor o igual al 85% del estático. De no cumplir con la condición se deberá calibrar el espectro hasta que cumpla.

**Tabla 42.***Chequeo del VE vs VD por Ampliación.*

Análisis de Cortante Basal Sentido X			Análisis de Cortante Basal Sentido Y		
Sx_e	Sx_d		Sy_e	Sy_d	
-102,5754			-102,5754		
87,18909	86,7144	NO CUMPLE	87,18909	84,6342	NO CUMPLE
CONDICION A CUMPLIR		$S_d \geq 0.85 S_e$	CONDICION A CUMPLIR		$S_d \geq 0.85 S_e$

Elaborado por: El autor

Como se puede observar en la tabla 42, el cortante dinámico no cumple con la condición para lo cual se deberá calibrar el espectro hasta cumplir con la condición  $S_d \geq 0.85 S_e$ .

**Figura 122.**

*Calibración del Espectro*

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	SUELO D R=5	9,8655

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	SUELO D R=5	10,1499

*Nota:* En la figura se puede observar la calibración del espectro en el sentido X, Y. Elaborado por: El autor.

**Tabla 43.**

*Chequeo del VE vs VD Calibrado.*

Análisis de Cortante Basal Sentido X			Análisis de Cortante Basal Sentido Y		
Sx_e	Sx_d		Sy_e	Sy_d	
-102,5754			-102,5754		
87,18909	87,2346	CUMPLE	87,18909	87,5964	CUMPLE
CONDICION A CUMPLIR Sd >= 0.85 Se			CONDICION A CUMPLIR Sd >= 0.85 Se		

*Nota:* Se puede observar que una vez calibrado el espectro el cortante dinámico cumple con la condición. Elaborado por: El autor.

#### 7.9.4 Derivas de Piso por Ampliación.

Con lo explicado en la sección 6.12.6.4 se deber chequear que las derivas máximas no excedan el 2% de los límites de las derivas inelásticas para hormigón armado.

**Tabla 44.***Control de Derivas Dinámico en el Sentido X por Ampliación.*

Story	Output Case	UX m	ALTURA	DISTORSION	DERIVAS ELASTICA	DERIVA INELASTICA	CONTROL	OBSERVACIÓN
Story4	Sx_d	0,035953	2,52	0,00059	0,0002	0,0009	0,02	CUMPLE
Story6	Sx_d	0,035363	2,52	0,003841	0,0015	0,0057	0,02	CUMPLE
Story5	Sx_d	0,031522	2,52	0,006321	0,0025	0,0094	0,02	CUMPLE
Story3	Sx_d	0,025201	2,52	0,008127	0,0032	0,0121	0,02	CUMPLE
Story2	Sx_d	0,017074	2,52	0,009135	0,0036	0,0136	0,02	CUMPLE
Story1	Sx_d	0,007939	2,88	0,007939	0,0028	0,0103	0,02	CUMPLE

Elaborado por: El autor.

**Tabla 45.***Control de Derivas Dinámico en el Sentido Y por Ampliación.*

Story	Output Case	UX m	ALTURA	DISTORSION	DERIVAS ELASTICA	DERIVA INELASTICA	CONTROL	OBSERVACIÓN
Story4	Sy_d	0,001549	2,52	0,000594	0,000236	0,000884	0,02	CUMPLE
Story6	Sy_d	0,000955	2,52	0,0000180	0,00000714	0,0000268	0,02	CUMPLE
Story5	Sy_d	0,000937	2,52	0,000184	0,000073	0,000274	0,02	CUMPLE
Story3	Sy_d	0,000753	2,52	0,000245	0,000097	0,000365	0,02	CUMPLE
Story2	Sy_d	0,000508	2,52	0,000276	0,000110	0,000411	0,02	CUMPLE
Story1	Sy_d	0,000232	2,88	0,000232	0,0000806	0,000302	0,02	CUMPLE

Elaborado por: El autor.

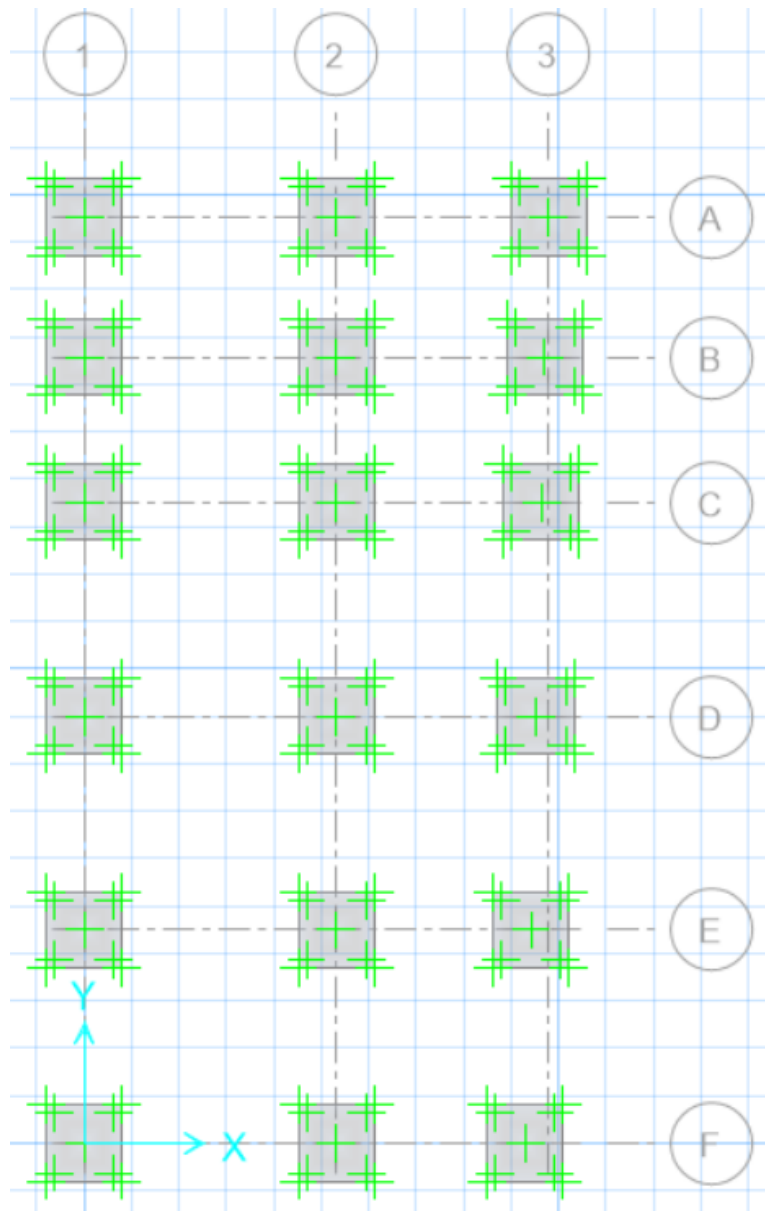
## 7.10 Modelación de la Cimentación Superficial por Ampliación

### 7.10.1 Modelación de la Zapata Aislada en SAFE por Ampliación.

Para la modelación de las zapatas con las nuevas cargas que soportara la cimentación por la ampliación de dos pisos en la residencia de la Sra. María Lara, se realiza un esquema en el Programa ETABS para luego ser exportado al SAFE.

**Figura 123.**

*Vista en Planta de las Cimentación por Ampliación.*



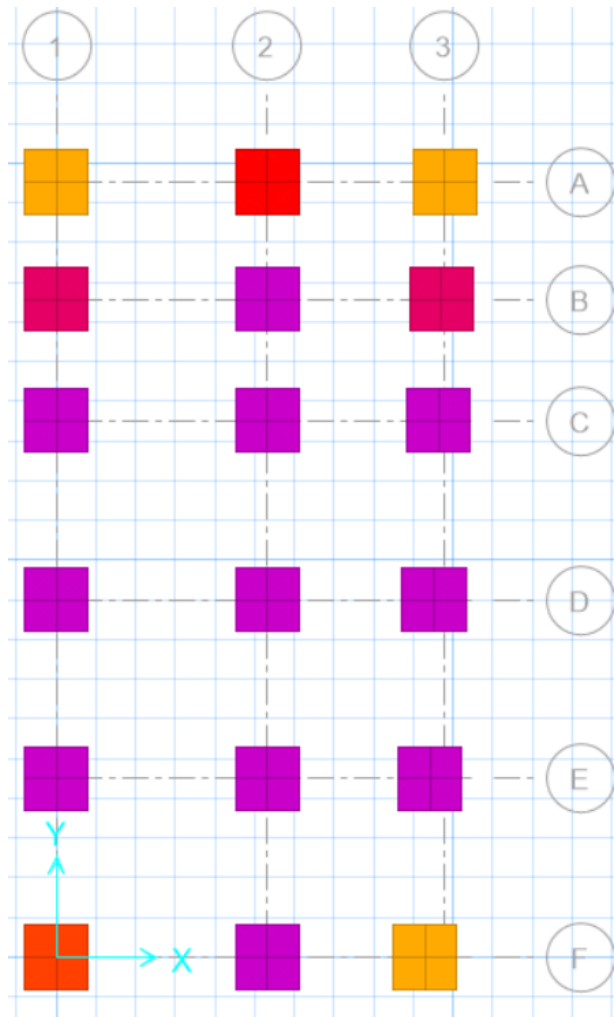
*Nota:* Se puede observar la distribución de la cimentación en toda el área de estudio. Elaborado por: El autor

## 7.10.2 Análisis de Resultados por Ampliación.

### 7.10.2.1 Verificación de Esfuerzo Admisible en la Estructura por Ampliación

Figura 124.

*Verificación de Esfuerzo Admisible por Ampliación.*



*Nota:* Se puede observar en la figura que todas las cimentaciones de color morado están fallando por esfuerzo admisible. Elaborado por: El autor.

Para comparar los resultados dados por el programa SAFE realizaremos un chequeo a través de una hoja de cálculo.



**Tabla 46.**

*Comparación de Esfuerzos Admisibles.*

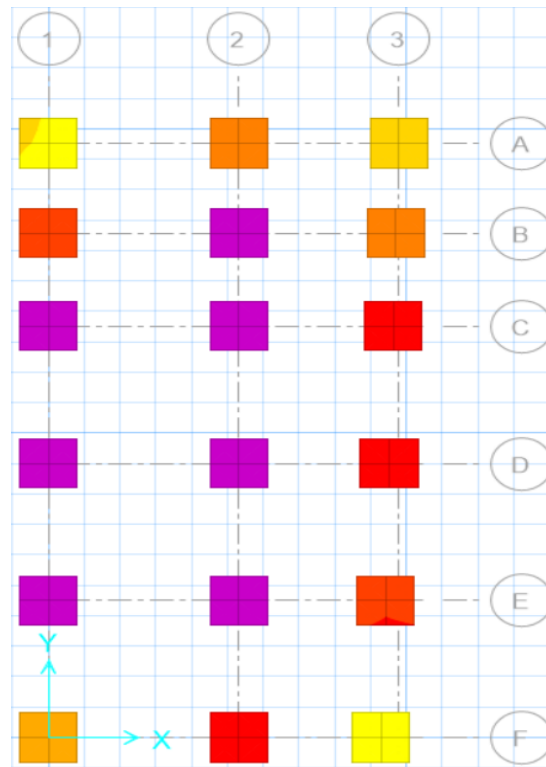
ZAPATA	CALCULO ton-m2	SAFE ton-m2	% ERROR	qadm ton-m3	CALCULO	SAFE
A2	15,498	16,079	3,61	18,2	CUMPLE	CUMPLE
B2	23,926	24,595	2,72	18,2	NO CUMPLE	NO CUMPLE
C2	32,316	33,014	2,11	18,2	NO CUMPLE	NO CUMPLE
D2	35,932	36,533	1,65	18,2	NO CUMPLE	NO CUMPLE
E2	33,756	34,141	1,13	18,2	NO CUMPLE	NO CUMPLE
F2	19,89	20,437	2,68	18,2	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Nota: El análisis de comparación se los hizo en el eje más crítico. Elaborado por: El autor.

### 7.10.2.2 Verificación de Asentamientos por Ampliación

**Figura 125.**

*Chequeo de los Asentamientos por Ampliación.*



Nota: Se puede observar que las cimentaciones de color morado fallan por asentamiento.

Elaborado por: El autor.

**Tabla 47.**

*Verificación de Asentamiento (SAFE) por Ampliación.*

ZAPATA	ASENTAMIENTO (mm)	ASENTAMIENTO (mm)	OBSERVACION
A2	17,7476	25	CUMPLE
B2	27,1464	25	NO CUMPLE
C2	36,439	25	NO CUMPLE
D2	40,3229	25	NO CUMPLE
E2	37,6827	25	NO CUMPLE
F2	22,5506	25	CUMPLE

*Nota:* Asentamientos obtenido del programa SAFE. Elaborado por: El autor.

Una vez realizado el análisis del pre diseño de ampliación de la residencia de la Sra. María Lara, en base a un análisis lineal en la estructura, se verifico que cumple con los requerimientos de normativa, pero no así en el caso de las cimentaciones las cuales durante su verificación por esfuerzo admisible y por asentamiento se pudo observar que la mayoría de estas no cumplen.

Cabe mencionar que en el análisis de la estructura original se tuvo ya problemas en la parte de la cimentación, para lo cual al momento de pre diseño de la ampliación esta fallaron aún más, acompañadas de otras que cumplían con el límite tanto de esfuerzo admisible como de asentamiento.

Para la rehabilitación de las cimentaciones dado el caso que la mayoría de las zapatas fallaron, realizar solo la rehabilitación en cimentaciones va a resultar muy invasivo y peligroso, por lo que para reducir considerablemente los esfuerzos hacia la cimentación y la rehabilitación en la cimentación se más corta, se realizara reforzamiento en la súper estructura.

## **7.11 Alternativas de Rehabilitación para la Ampliación**

Para esta sección en base a lo expuesto en la sección 7.10, no solo se realizará la rehabilitación en cimentaciones sino también en la superestructura. Siendo que la intervención en el suelo va hacer muy peligrosa e invasiva se realizara primeramente un reforzamiento en la superestructura mediante un enchapado de mampostería y así disminuir considerablemente los esfuerzos que se transmiten a la cimentación.

### **7.11.1 Enchapado de Mampostería.**

El enchapado mampostería consiste en:

- Cubrir la mampostería original con Malla electro soldada
- Conectar con la estructura, y
- Anclarla y recubrirle con mortero

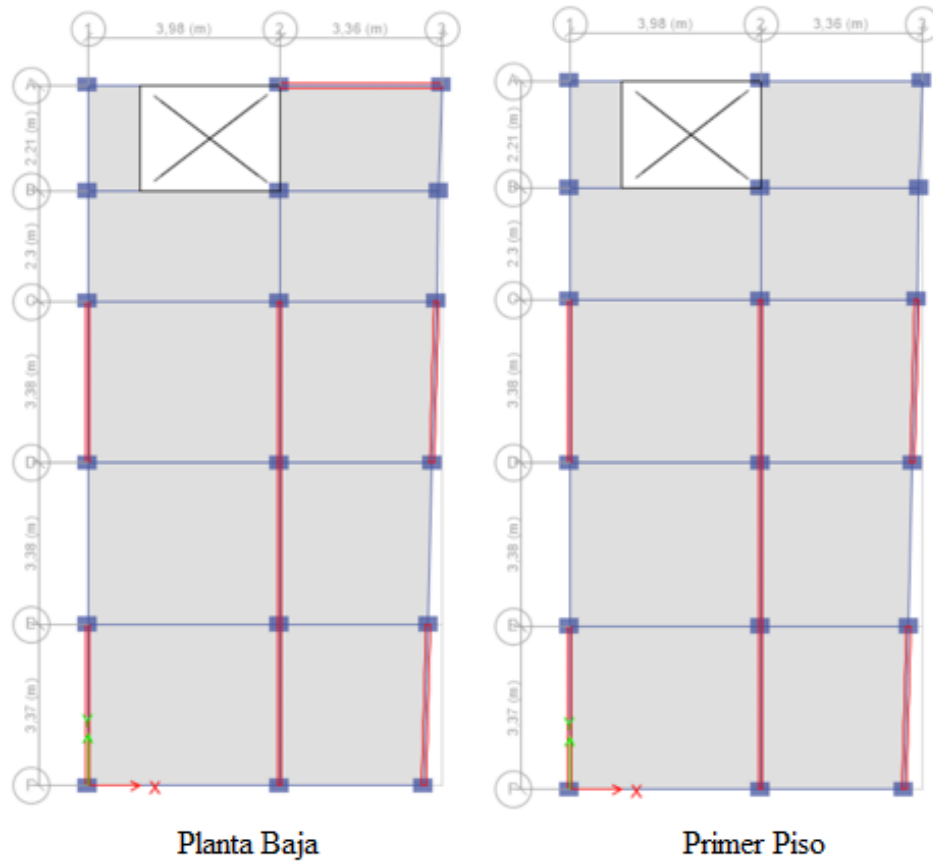
Este método fue ideado por el Ing. Msc. Patricio Placencia la principal función de este enchapado es reducir la carga en los pórticos que tiene poca resistencia y rigidizar la estructura, se puede decir que este actuara como un muro de corte para poder resistir las fuerzas laterales y verticales. Es importante que se tenga una buena distribución, que sea simétrica tanto en planta como en elevación y así tener una estructura más rígida (Borja. & Torres., 2015).

Según (Estrada. & Vivanco., 2019), “Para definir las paredes a enchapar se considera los siguientes criterios” (p, 153).

- Ubicación de enchapado donde se evite tener efector de torsión.
- Que tenga continuidad en elevación.
- Que se encuentren dentro de pórticos.

**Figura 126.**

*Paredes Enchapadas*



*Nota:* Se puede observar las paredes seleccionadas a enchapar. Elaborado por: El autor.

Mirar la alternativa de enchapado en elevación en el Anexo 6.

### 7.11.1.1 Materiales

#### 7.11.1.1.1 Mortero

Este material debe ser realizado en obra y alcanzar una resistencia a la compresión de 180 kg/cm<sup>2</sup>, este será lanzado a mano, debido a que si se utiliza una máquina especial para el lanzado el costo se elevara y lo que se requiere es tener un presupuesto más bajo posible. El espesor con que se trabajará en nuestro proyecto de estudio será de 10cm, 5cm por cada cara de la mampostería.

### 7.11.1.1.2 Malla Electro Soldada

La malla electro soldada será colocada en los dos sentidos tanto en X como en Y. Esta se compone de varillas corrugadas con diámetro de 8mm @15 cm con una resistencia mínima a la fluencia de 500 kg/cm. Esta malla electro soldada debe estar colocada de manera ortogonal en el sentido vertical como en el horizontal.

**Figura 127.**

*Mallas Electro soldadas*

DENOMINACIÓN	DIÁMETRO		ESPACIAMIENTO		NÚMERO DE VARILLAS		Peso kg.
	Longitudinal mm	Transversal mm	Longitudinal cm	Transversal cm	Longitudinal Unidades	Transversal Unidades	
3,5 - 15	3,5	3,5	15	15	16	42	15.154
4 - 10	4	4	10	10	24	62	29.502
4 - 10 4 - 05	4	4	10	5	20	59	17.543
4 - 15	4	4	15	15	16	42	19.826
4 - 20	4	4	20	20	12	31	14.751
4,5 - 15	4,5	4,5	15	15	16	42	25.080
4,5 - 30	4,5	4,5	30	30	8	21	12.540
5 - 10	5	5	10	10	24	62	46.052
5 - 15	5	5	15	15	16	42	30.948
5 - 20	5	5	20	20	12	31	23.026
5,5 - 10	5,5	5,5	10	10	24	62	55.760
5,5 - 15	5,5	5,5	15	15	16	42	37.472
5,5 - 20	5,5	5,5	20	20	12	31	27.880
5,5 - 25	5,5	5,5	25	25	10	25	22.846
6 - 10	6	6	10	10	24	62	66.334
6 - 15	6	6	15	15	16	42	44.578
6 - 20	6	6	20	20	12	31	33.167
7 - 15	7	7	15	15	16	42	60.658
7 - 20	7	7	20	20	12	31	45.131
8 - 15	8	8	15	15	16	42	79.230
8 - 20	8	8	20	20	12	31	58.951
10 - 15	10	10	15	15	16	41	122.33
10 - 20	10	10	20	20	12	31	92.116
12 - 20	12	12	20	20	12	31	132.64

*Nota:* En la figura se puede observar los diferentes tipos de malla electro soldada. Fuente: (MALLAS ELECTROSOLDADAS TREFILADAS - Adelca, 2022).

### 7.11.1.1.3 Grapas y Conectores.

**Tabla 48.**

*Características de las Grapas y Conectores.*

GRAPAS				CONECTORES			
Peso específico	$\rho$	7,8	[T/m <sup>3</sup> ]	Peso específico	$\rho$	7,8	[T/m <sup>3</sup> ]
Resistencia a la fluencia	$f_y$	4200	[kg/cm <sup>2</sup> ]	Resistencia a la fluencia	$f_y$	4200	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Diámetro de la varilla	$\Phi$	4	mm	Diámetro de la varilla	$\Phi$	10	mm
Espaciamiento	S	40	cm	Espaciamiento	S	40	cm
Longitud	L	30	cm	Longitud	L	15	cm

Elaborado por: El autor.

### 7.11.2 Proceso Constructivo de Enchapado de Mampostería.

1.- Se comienza quitando el enlucido de la mampostería a enchapar

**Figura 128.**

*Removimiento de mortero.*

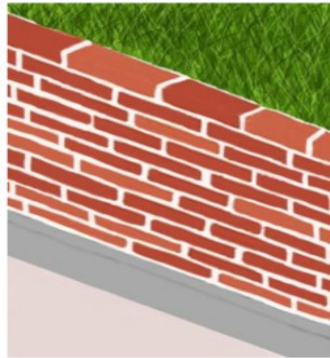


Fuente: (Silva, 2017).

2.- Se excava hasta el nivel de la cadena la cual se deja descubierta.

**Figura 129.**

*Excavación Nivel de Cadena.*

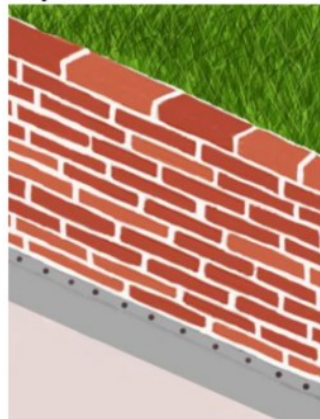


Fuente: (Silva, 2017).

3.- Con un taladro se realizará perforaciones en la cadena de amarre la cual servirá como cimiento del enchapado.

**Figura 130.**

*Perforación y Anclaje a la cadena de amarre.*

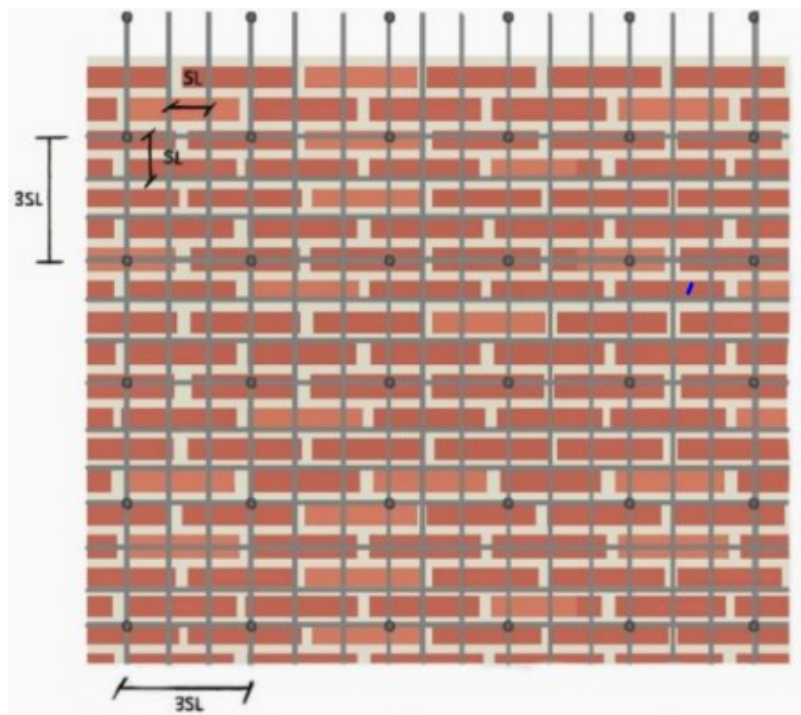


Fuente: (Silva, 2017).

4.- Se procederá anclar la malla a la mampostería, para la cual se realizarán perforaciones hasta que atraviesen a la misma, tendrán espaciamiento de  $3SL$ , donde  $SL$  es el espaciamiento de cada varilla de la malla

**Figura 131.**

*Anclaje de Malla con Mampostería.*



Fuente: (Silva, 2017).

5.- Se colocará la malla la cual deberá quedar centrada y embebida en los orificios previamente realizados. Se debe tener en cuenta dejar un espaciamiento de  $1\text{cm}$  entre la mampostería y la malla electro soldada, con el objetivo que el refuerzo de acero este embebido en el concreto (Silva, 2017).



**Figura 132.**

*Colocación de Malla a Mampostería.*



Fuente: (Silva, 2017).

6.- Una vez colocada la malla se procederá al recubrimiento con concreto lanzado manualmente con un espesor definido con anterioridad. Es recomendable empezar el vaciado desde abajo hacia arriba, el hormigón no deberá tener una consistencia muy fluida para que no tienda a desmoronarse (Silva, 2017).

**Figura 133.**

*Lanzado de Mortero Manualmente*



Fuente: (Silva, 2017).

### 7.11.3 Modelamiento de la Mampostería Enchapada.

Una vez definida el espesor de la mampostería se procederá a la modelación del enchapado de mampostería para cual se lo definirá como tipo muro de corte.

#### 7.11.3.1 Propiedades del Enchapado de Mampostería

Figura 134.

*Resistencia del Hormigón.*

Material Property Data

**General Data**

Material Name: f'c = 180 kg/cm2 (MPT)

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color:  Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2,4028 tonf/m<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume: 0,245014 tonf-s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 1677050,98 tonf/m<sup>2</sup>

Poisson's Ratio, U: 0,2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0,0000099 1/C

Shear Modulus, G: 698771,24 tonf/m<sup>2</sup>

**Design Property Data**

Modify/Show Material Property Design Data...

**Advanced Material Property Data**

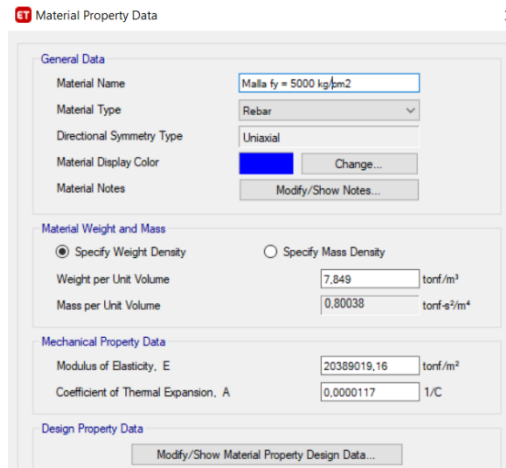
Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

*Nota:* Resistencia definida para modelación de enchapado de mampostería. Elaborado por: El autor.

**Figura 135.**

*Malla Electro soldada.*



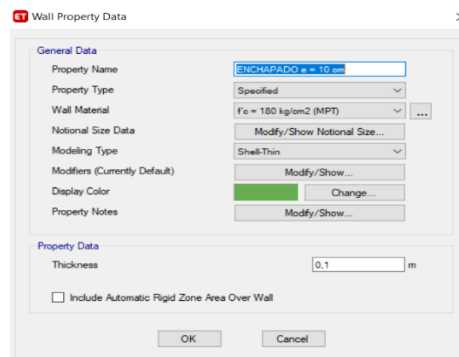
Elaborado por: El autor.

### 7.11.3.2 Definición de la Mampostería Enchapada.

Se lo definirá como tipo muro, asignando un espesor de 10cm, 5cm en la parte interna y 5cm en la parte externa y el cual será de tipo “Shell-Thin”.

**Figura 136.**

*Creación de Enchapado de Mampostería*

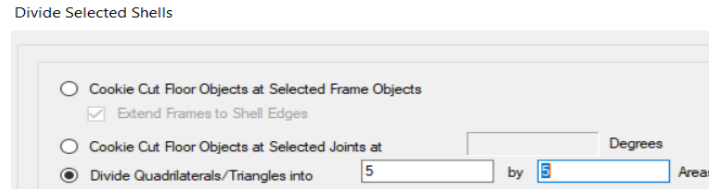


Elaborado por: El autor.

Una vez creada el Enchapado de mampostería se deberá discretizar, para el cual dividiremos en 5 partes tanto en el sentido horizontal como vertical, además se deberá colocar su respectivo “Piers”.

**Figura 137.**

*Discretización de Enchapado de Mampostería.*



Elaborado por: El autor.

Una vez definido la sección del enchapado de mampostería, se colocará en cada uno de los ejes seleccionados para realizar la rehabilitación de la estructura.

### 7.11.4 Análisis de la Estructura con Enchapado de Mampostería.

#### 7.11.4.1 Análisis Modal del Enchapado de Mampostería

El enchapado hará que los periodos de la estructura disminuirán considerablemente.

**Tabla 49.**

*Control de Torsión.*

Case	Mode	Period sec	UX	UY	RZ	% Torsion, Traslacion	Tipo
Modal	1	0,563	0,7212	0,0003	1,05E-05	0,0015%	TRASLACIONAL
Modal	2	0,457	0,0003	0,5083	0,0077	1,51%	TRASLACIONAL
Modal	3	0,389	0,0003	0,0056	0,5859	10463%	TORSIONAL

*Nota:* Se puede observar que cumple con la condición de traslacional en los dos primeros modos y rotacional en el tercero. Elaborado por. El autor.

**7.11.4.2 Chequeo de Corte Estático vs Corte Dinámico del Enchapado de Mampostería**

**Tabla 50.**

*Revisión de Corte Dinámico vs Corte Estático*

Análisis de Cortante Basal Sentido X		Análisis de Cortante Basal Sentido Y	
Sx_e	Sx_d	Sy_e	Sy_d
-108,8305		-108,8305	
92,505925	80,1817	92,505925	56,1581
CONDICION A CUMPLIR		CONDICION A CUMPLIR	
	Sd >= 0.85 Se		Sd >= 0.85 Se

*Nota:* Como se puede observar en la tabla, el corte dinámico no cumple con respecto al corte estático, por lo que se deberá calibrar el espectro para que cumpla con la condición. Elaborado por: El autor.

**Figura 138.**

*Calibración del Espectro*

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	SUELO D R=5	11,4738

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	SUELO D R=5	16,1811

Elaborado por: El autor.

**Tabla 51.***Corte Dinámico vs Corte Estático Calibrados.*

Análisis de Cortante Basal Sentido X			Análisis de Cortante Basal Sentido Y		
Sx_e	Sx_d		Sy_e	Sy_d	
-108,8305			-108,8305		
92,505925	93,8126	CUMPLE	92,505925	92,6609	CUMPLE
CONDICION A CUMPLIR Sd >= 0.85 Se			CONDICION A CUMPLIR Sd >= 0.85 Se		

*Nota:* Como se puede observar en la tabla, el corte dinámico ya cumplió con las condiciones con respecto al estático. Elaborado por: El autor

#### 7.11.4.3 Control de Derivas (Análisis Estático) del Enchapado de Mampostería

**Tabla 52.***Control de derivas Máximas por Enchapado de Mampostería.*

Piso	Δ Elástica		Δ Inelástica			
	Dirección X	Dirección Y	Dirección X		Dirección Y	
P6	0,001352	0,001431	0,00507	CUMPLE	0,0053663	CUMPLE
P5	0,002357	0,002436	0,0088388	CUMPLE	0,009135	CUMPLE
P4	0,003316	0,003581	0,012435	CUMPLE	0,0134288	CUMPLE
P3	0,003865	0,003484	0,0144938	CUMPLE	0,013065	CUMPLE
P2	0,003496	0,000168	0,01311	CUMPLE	0,00063	CUMPLE
P1	0,001479	0,000105	0,0055463	CUMPLE	0,0003938	CUMPLE

Elaborado por: El autor.

### 7.11.5 Control de Derivas de Piso (Análisis Dinámico) del Enchapado de Mampostería

**Tabla 53.**

*Control de Derivas “X” por Enchapado de Mampostería.*

Story	Output Case	UX m	ALTURA	DISTORSION	DERIVAS ELASTIC Δ	DERIVA INELASTICA	CONTROL	OBSERVACIONES
Story4	Sx_d	0,032366	2,52	0,001766	0,0007	0,0026	0,02	CUMPLE
Story6	Sx_d	0,0306	2,52	0,004578	0,0018	0,0068	0,02	CUMPLE
Story5	Sx_d	0,026022	2,52	0,007147	0,0028	0,0106	0,02	CUMPLE
Story3	Sx_d	0,018875	2,52	0,008665	0,0034	0,0129	0,02	CUMPLE
Story2	Sx_d	0,01021	2,52	0,007624	0,0030	0,0113	0,02	CUMPLE
Story1	Sx_d	0,002586	2,88	0,002586	0,0009	0,0034	0,02	CUMPLE

Elaborado por: El autor.

**Tabla 54.**

*Control de Derivas “Y” por Enchapado de Mampostería.*

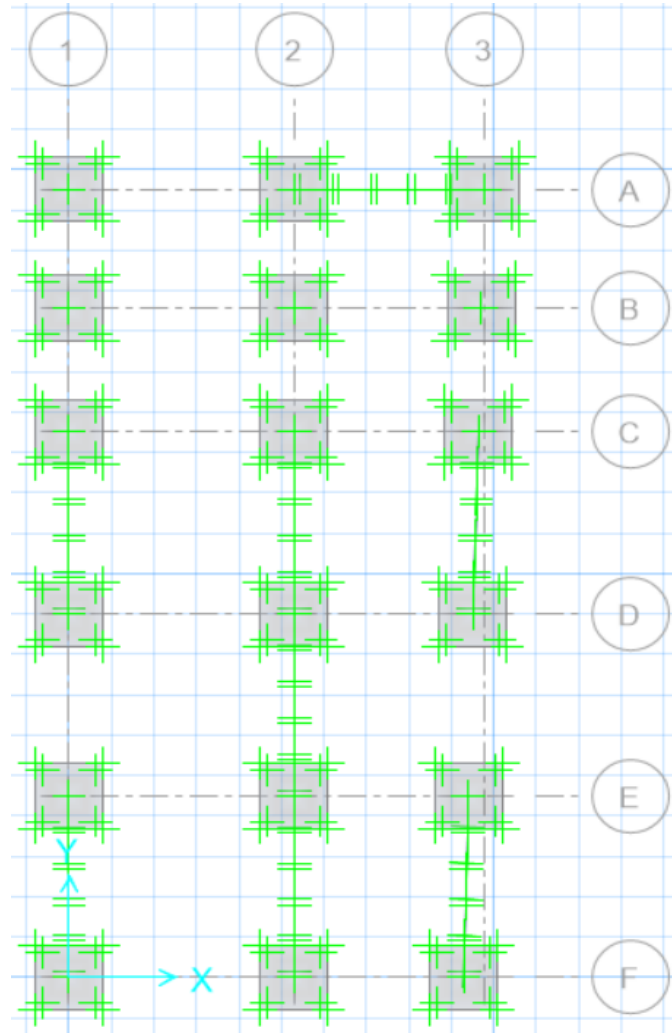
Story	Output Case	UX m	ALTURA	DISTORSION	DERIVAS ELASTIC Δ	DERIVA INELASTICA	CONTROL	OBSERVACIONES
Story4	Sy_d	0,002667	2,52	0,001664	0,000660	0,002476	0,02	CUMPLE
Story6	Sy_d	0,001003	2,52	0,0002600	0,00010317	0,0003869	0,02	CUMPLE
Story5	Sy_d	0,000743	2,52	0,000211	0,000084	0,000314	0,02	CUMPLE
Story3	Sy_d	0,000532	2,52	0,000239	0,000095	0,000356	0,02	CUMPLE
Story2	Sy_d	0,000293	2,52	0,00017	0,000067	0,000253	0,02	CUMPLE
Story1	Sy_d	0,000123	2,88	0,000123	0,0000427	0,000160	0,02	CUMPLE

Elaborado por: El autor.

### 7.11.6 Modelación de las Zapatas Aislada con Enchapado de Mampostería.

Figura 139.

*Distribución de Zapatas*



Elaborado por: El autor.

#### 7.11.6.1.1 Análisis de Resultados

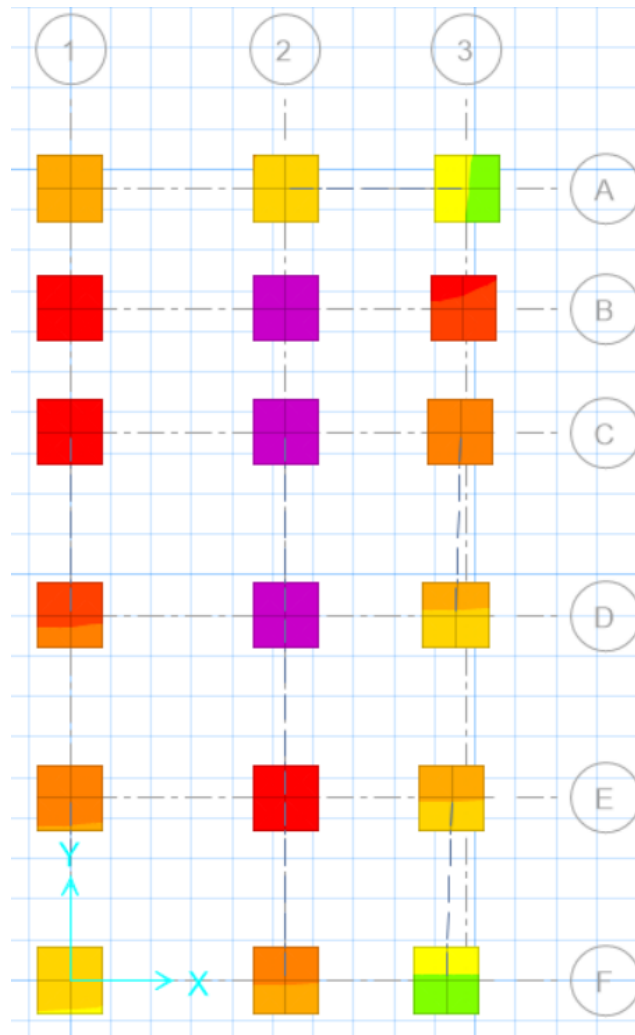
Para el análisis de resultados de las zapatas, ya se cuenta con el enchapado de mampostería el cual se realizó con el objetivo de disminuir considerablemente la falla de cimentaciones por esfuerzo admisible y asentamientos.



### 7.11.6.1.1 Chequeo de Esfuerzos admisibles

Figura 140.

*Revisión de Esfuerzos Admisibles*



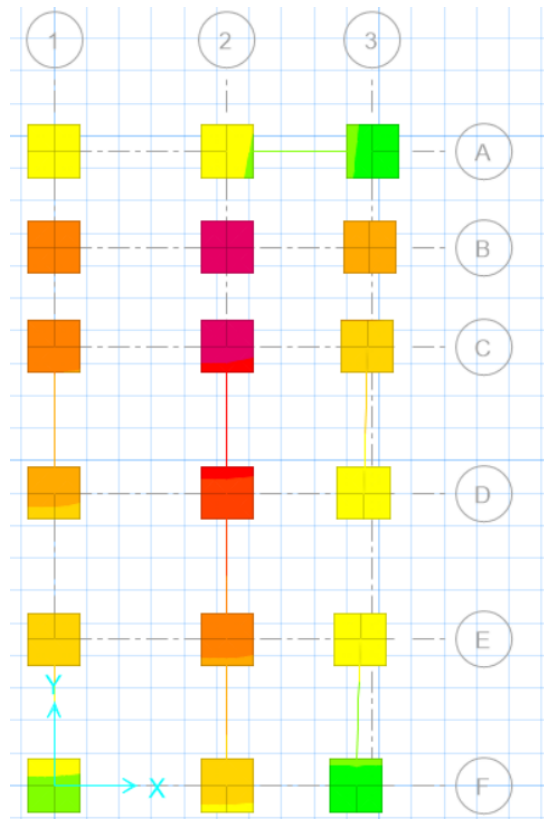
Elaborado por: El autor

Como se puede observar en la figura el fallo por esfuerzo admisible ha disminuido considerablemente ya que a inicialmente la mayoría de cimentaciones no cumplían con las condiciones de esta manera se puede apreciar que el enchapado de mampostería fue de gran ayuda.

### 7.11.6.1.1.2 Verificación de Asentamientos.

Figura 141.

*Chequeo de Asentamientos.*



*Nota:* Como se puede observar en la figura con respecto a los asentamientos hemos cumplido con las condiciones requeridas. Elaborado por: El autor.

Una vez realizado el enchapado de mampostería se pudo ver un cambio considerable, el cual ayuda para que nuestras cimentaciones no son intervenidas en su mayoría. Debido a que después de este reforzamiento se sigue teniendo problemas en las mismas zapatas que se tuvo con la estructura original se procederá a la rehabilitación de cimentaciones.

### 7.11.7 Ensanchamiento de Cimentación.

Una parte importante ante el pre diseño de la ampliación de la residencia de la Sra. María Lara es el chequeo de las cimentaciones, debido a que la estructura al contar con nuevas cargas las secciones de la cimentación pueden ser insuficientes ante las nuevas solicitaciones que presenta la edificación.

Cabe mencionar que la estructura original desde el principio de su análisis las cimentaciones ya tenían problemas, y aún más al realizar el pre diseño de ampliación donde se tuvo un fallo casi total de las zapatas por lo cual para no ser tan invasivos y no intervenir en su totalidad, se realizó un enchapado de mampostería.

Donde a pesar de este reforzamiento se siguió teniendo problemas en la cimentación, ya no en su totalidad, pero si en un porcentaje menor y por lo cual al ya no ser tan invasivo ni peligroso se procederá a la rehabilitación de la cimentación.

Para la rehabilitación de la cimentación, se tomará el valor más crítico y en base a la cual se procederá a su nuevo seccionamiento o ensanchamiento de la cimentación.

Para el proceso al no contar con un nuevo estudio de suelo el cual es necesario para saber si su esfuerzo admisible ha cambiado después de construida la edificación, se justificará el reforzamiento por medio de un cálculo simple, que determina cual sería la capacidad portante del suelo necesaria para que la sección existente no sea reforzada (Silva, 2017).

$$A_{fundacion} = \frac{P * 1.15}{\delta s}$$

La sección que se tiene construida es de 1.20x1.20 m con un área de 1.44 m<sup>2</sup>. Mientras que la carga “P” se obtendrá de la combinación 1.2D + L.

$$(1.20 * 1.20)m^2 = \frac{31.71 * 1.15}{\delta s}$$

$$\delta s = 25.32 \text{ ton}/m^2$$

Una vez realizado este análisis se pudo mirar que la sección construida necesitaría un esfuerzo admisible de 25.32 ton/m<sup>2</sup>. Pero hay que tener en cuenta que un suelo con estas características donde se encuentra la estructura, es muy poco probable, demostrando así que la necesidad de rehabilitar la cimentación es muy alta.

De esta forma entonces procederemos a calcular la nueva sección para la rehabilitación con nuestro esfuerzo admisible de inicio de 18.20 ton/m<sup>2</sup>.

$$A_{fundacion} = \frac{P * 1.15}{\delta s} = \frac{30.89 * 1.15}{18.20} = 1.9518m^2$$

$$B = \sqrt{1.9518} = 1.397m = L$$

Por lo tanto, la nueva sección que requerirá la cimentación será de B = L = 1.40m, una vez obtenido esta nueva sección se procederá a, verificar que cumple con las condiciones de corte, punzonamiento y flexión, además del acero y verificar si con el inicial cumple o se requiere aún más acero.

**Tabla 55.**

*Verificación de Condiciones de Zapata.*

CHEQUEO DE CIMENTACION	
Diseño a corte X	
Vu	15,85 ton/m <sup>2</sup>
Vc	72,46 ton/m <sup>2</sup>
Diseño a corte Y	
Vu	17,22 ton/m <sup>2</sup>
Vc	72,46 ton/m <sup>2</sup>
Punzonamiento	
Vu	44,27 ton/m <sup>2</sup>
Vc	144,91 ton/m <sup>2</sup>
Flexion X	
As	11,31 cm <sup>2</sup>
Flexion Y	
As	11,32 cm <sup>2</sup>

*Nota:* Se puede observar que cumple con los requerimientos descritos en la tabla. Elaborado por:

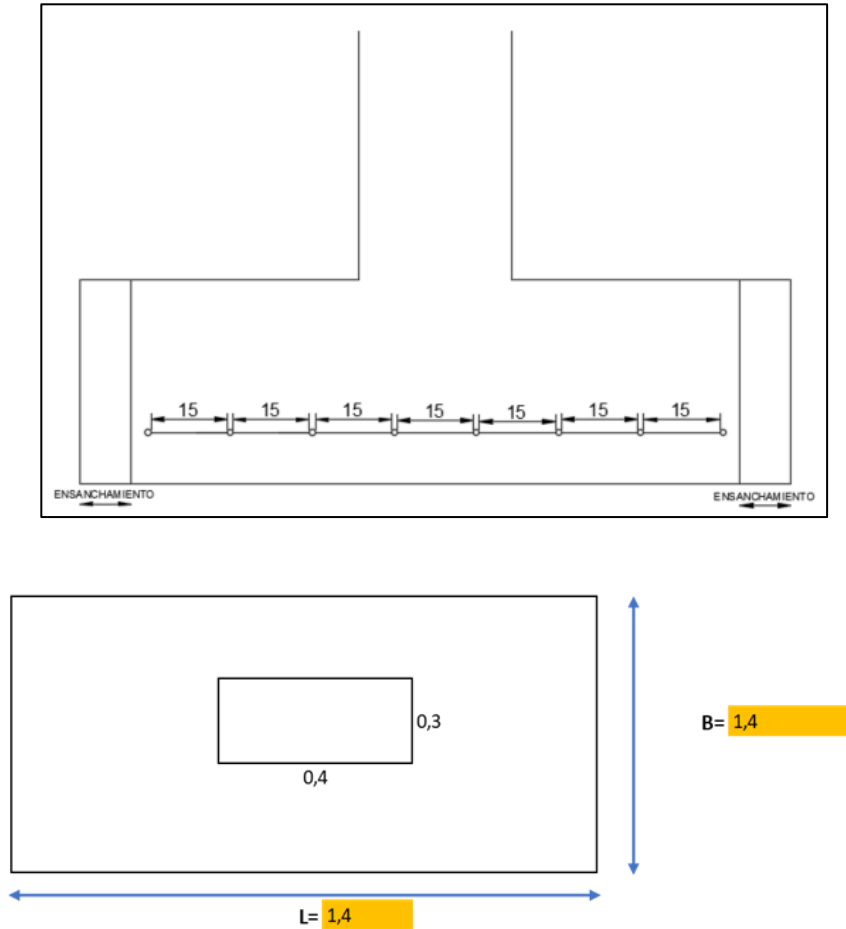
El autor.

Una vez encontrado la nueva sección de la cimentación se verifico que cumple con las condiciones corte, punzonamiento y flexión por lo que solo se procede a ensanchar la cimentación sin necesidad de aumentar acero adicional.

Por lo que la nueva sección que cumplirá con el esfuerzo admisible del suelo, estará conformada por una dimensión de 1.40x1.40m y una H = 40 cm con 1Ø12@15

**Figura 142.**

*Ensanchamiento de cimentación*



Elaborado por: El autor.

### **7.11.8 Cimentación para el Caso de Estudio de Micropilotes.**

En la presente sección la alternativa de rehabilitación de cimentación con micropilotes se tratará de manera teórica y que no será aplicado a la estructura de estudio, debido a que para este caso se necesitan estudios más exhaustivos como: conocer de a que profundidad se va a implantar los micropilotes, el número de micropilotes que soportara la cimentación entre otros estudios que en el presente proyecto no se contemplara (Ascura & Muriel, 2019).

Cabe mencionar que el presente proyecto está orientado a la investigación de alternativas y su proceso que con lleva cada de uno de ellos, por lo que en los siguientes puntos se hablara de forma general de cómo se debe realizar una rehabilitación con micropilotes.

#### **7.11.8.1 Proceso de Micropilotes**

Este método consiste en perforar el terreno de forma ya sea vertical o inclinada de hasta 20 grados, para que de esta manera se pueda alcanzar el estrato indicado. Estas perforaciones se las deben ejecutar en seco, con lodos bentónicos (el cual se coloca en paredes las del terreno durante su excavación para evitar los derrumbes en el terreno), mediante roto percusión o simplemente a rotación. Por lo que se puede usar rehabilitaciones o restauraciones ya tienen una eficiencia (Ascura & Muriel, 2019). Cabe mencionar que para estos desarrollos se usan diámetros muy pequeños de entre 100mm y 250mm que logran traspasar terrenos muy resistentes.

Una vez que se desarrolla todo este proceso estas perforaciones serán rellenas de lechada o mortero y con capacidad de ser armados.

Dentro de la aplicación de micropilotes más úsales podemos encontrar:

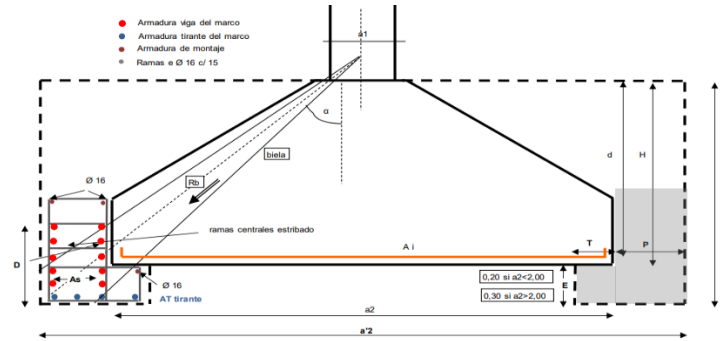
- Como estructura de cimentación
- Como mejora de terreno

#### **7.11.8.2 Refuerzo con Micropilotes**

Este tipo de refuerzo propone la consolidación de zapatas aisladas mediante la ejecución de marco perimetrales con un puntero para que recalce la zapata. La puntera en este caso actuará como ménsula que recibirá y transmitirá las cargas de la zapata hacia el marco (Ascura & Muriel, 2019).

**Figura 143.**

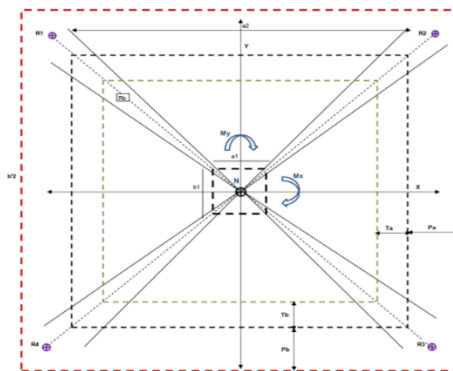
*Marco Perimetral Sección.*



Fuente: (Izquierdo, 2015)

**Figura 144**

*Marco Perimetral Sección*



Fuente: (Izquierdo, 2015).

Para la ejecución del marco se debe excavar un perímetro bajo el borde de la zapata para la realización del talón, con una profundidad de 40cm para así anclar con la ménsula.



### 7.11.8.3 Diseño de Rehabilitación de cimentaciones con Micropilotes.

#### 7.11.8.3.1 Cálculo de Micropilotes.

Para el cálculo de Micropilote se debe determinar la carga de hundimiento y la resistencia estructural del micropilote.

**Reacciones.** - Estas reacciones se determina en base a la geometría en planta del marco y su distribución por cada lado. Para los cuales se tomarán momentos estáticos en sentido X como en sentido Y.

$$R_i = \frac{N_k}{\sum A_i} + \frac{A_i * y_i * M_x}{\sum A_i * y_i^2} + \frac{A_i * x_i * M_y}{\sum A_i * x_i^2}$$

Donde:

A<sub>i</sub>: Área de Micropilotes

Y<sub>i</sub>: Distancia del micropilote al eje X → (b<sup>2</sup>' - P<sub>b</sub>) / 2

X<sub>i</sub>: Distancia del micropilote al eje Y → (a<sup>2</sup>' - P<sub>a</sub>) / 2

#### 7.11.8.3.2 Cálculo de Carga de Hundimiento.

Los hundimientos se calculan por fuste, a excepción de que estos se encuentren en empotramiento de roca o suelo de fundición. Para este proceso se debe conocer la Resistencia necesaria del fuste (r<sub>f</sub>). Para determinar este valor se debe distinguir entre suelos cohesivos y granulares (Ascura & Muriel, 2019).

Así mismo es necesario conocer parámetros de estudio de suelo como:

- Ensayo SPT (NSPT)
- Ensayo Presiométrico

➤ Resistencia a la Compresión Simple (qu)

La ecuación para el cálculo por fuste (Rf, cd) se presenta a continuación.

$$R_{f,cd} = \sum_{i=1}^n A_{li} * (r_{f,c,d})$$

$$r_{f,cd} = \frac{r_{f,lim}}{F_r}$$

Donde:

Rf, cd: Resistencia por fuste

Ali: área lateral de micropilote

Rf, lim: rozamiento unitario por fuste. En función de: IU (Inyección única) o IR (Inyección repetitiva)

Rfc, d: rozamiento unitario de fuste.

Fr: factor de seguridad de 1.65

Para el cálculo de la carga de hundimiento se usa la siguiente ecuación.

$$P_N = \frac{R_{f,cd}}{F}$$

Donde:

F: factor de seguridad para fuste igual a 2.

Para Tope Estructural tomaremos la ecuación de la normativa española EH.

$$N_{C,RD} = (0.85 * A_C * f_{cd}) + (A_s * f_{yd}) + (A_p * f_{ydt}) * \frac{R}{1.2 * F_e}$$

Donde:

$A_p$ : Sección neta de la armadura tubular

$A_s$ : Sección total de la armadura

$A_c$ : Sección neta del concreto

$F_{ydt}$ : Limite elástico de la sección tubular  $\leq 400\text{Mpa}$

$F_{ys}$ : Limite elástico de armadura

$F_{cd}$ : Resistencia de cálculo de lechada

### 7.11.8.3.3 Dimensionamiento de Marco.

Cálculo de Ménsula

$$R_{\max a2} = \text{MAX} \left[ \frac{R_1 + R_2}{2}; \frac{R_3 + R_4}{2} \right]$$

$$R_{\max b2} = \text{MAX} \left[ \frac{R_1 + R_4}{2}; \frac{R_2 + R_3}{2} \right]$$

$$N_{\max m} = \text{MAX} \left[ \frac{R_{\max a2}}{a_2}; \frac{R_{\max b2}}{b_2} \right]$$

Cálculo de Marco.

$$R_i \approx \frac{N_K}{4} \pm \frac{M_X}{2 \times I'_X} \pm \frac{M_Y}{2 \times I'_Y}$$

$$I'_X = a'_2 - P_a; I'_Y = b'_2 - P_b$$

Angulo de Bielas.

$$\alpha_{a2} = \text{ATAN} \left( \frac{\frac{b'_2 - b_1}{2}}{H'} \right).$$

$$\alpha_{b2} = \text{ATAN} \left( \frac{\frac{a'_2 - a_1}{2}}{H'} \right).$$

Tirante: Tmax a2; Tmax b2

$$T_{a2} = \frac{R_{\max b'_2}}{\cos \alpha_{a2}} \times \text{sen } \alpha_{a2}$$

$$T_{b2} = \frac{R_{\max a'_2}}{\cos \alpha_{b2}} \times \text{sen } \alpha_{b2}$$

Empuje. Momento, y Armado de Sección Cara Lateral.

Empuje sobre el marco (Pmax)

$$\text{MAX} \left[ \frac{T_{b2}}{I'_X}; \frac{T_{a2}}{I'_Y} \right]$$

Momento máxima marco  $\longrightarrow$  nudo

$$M_{nudo} \approx \frac{P_{\max} \times L_i'^2}{12}$$

$$M_{da2} = M_{a2} \times \gamma F$$

$$M_{db2} = M_{b2} \times \gamma F$$

Sección armada / cara lateral

$$A_{sa'_2} \approx \frac{M_{da2}}{0.8 \times P_a \times f_{yd}}$$

$$A_{sb'_2} \approx \frac{M_{db2}}{0.8 \times P_b \times f_{yd}}$$

## CONCLUSIONES

La evaluación visual realizada con la información obtenida en campo para un análisis, tanto Post-Evento como Pre-evento realizada en base a la norma ecuatoriana de la construcción y la ATC-20, nos arroja que la edificación en estudio tiene una baja vulnerabilidad sísmica por lo que la estructura ante un Pre-evento cuenta con las condiciones aceptables.

Por el contrario, al realizar la evaluación visual mediante el manual FEMA P-154 nos arroja que la edificación en estudio tiene una baja vulnerabilidad sísmica, pero una vez analizado los diseños de los elementos estructurales con más detallamiento, se pudo observar que fueron realizados con códigos pasados por lo que se realizó un nuevo análisis de evaluación, dando un resultado de alta vulnerabilidad sísmica, cabe mencionar que el FEMA P-154 nos presenta tres niveles de evaluación, pero para fines de comparación se realizó también el segundo nivel en el cual el valor cambio considerablemente ya que para este tipo de evaluación se necesita más información de la estructura.

Para los lineamientos de rehabilitación en primera instancia se tomó como base fundamental el código ASCE41-17, pero se llegó a la conclusión que este código tiene cumplimientos más rigurosos que en nuestro medio, ya que al ser una norma americana hace que las exigencias para el cumplimiento sea más alto, y donde nos exige materiales de buena calidad la cual no pasa en nuestro país, por lo que se tuvo que poner más énfasis en la norma ecuatoriana de la construcción que nos da parámetros más conservador y más apegados a la realidad de nuestro país.

La inspección realizada in situ nos llevó a tener más información sobre la vivienda en estudio, a pesar de contar con la información de planos arquitectónico, estructurales no nos dio la seguridad de que este se haya construido como estaba en los planos, debido a que durante el proceso de construcción pueden a ver cambios o situaciones que obliguen a cambiar su configuración, ya sea de los elementos, sus materiales, o de su distribución en planta o en elevación. Como fue el caso

de la estructura en estudio la cual tuvo muchos cambios en cuanto a lo que se tenía en plano y a lo que se construyó al final, muchos de los elementos como columnas, vigas, losa, cimentaciones cambiaron con respecto a su dimensionamiento y distribución de acero.

El periodo fundamental que se obtuvo mediante el método 1, que nos presenta la NES-SE-DS es un método empírico conservadora ya que difiere mucho del valor obtenido por el programa ETABS.

Durante el análisis con el programa ETABS de la estructura en estudio se pudo verificar que los requerimientos establecidos por la NEC-SE-DS, cumplen en cuanto a:

- Modos de vibración: los dos primeros modos fueron traslacional y el tercero rotacional
- Cortantes dinámicos y estáticos: cumplían con la condición de  $V_d \geq 0.85 V_e$ , tanto en sentido X como en Y
- Derivas cumplía con parámetros establecidos en la normativa ecuatoriana siendo menores al 2%

De la estructura en estudio también se tuvo problemas en cuanto a cimentaciones, ya que durante su revisión de esfuerzos admisibles y asentamientos estos no cumplían, con lo cual antes de realizar el prediseño de la ampliación ya se tenía problemas en las cimentaciones.

Para la ampliación de los dos pisos adicionales se cambió su carga permanente para la cual se usó paneles ZIPWALL la cual redujo en 0,22 a 0,14 tonf/m<sup>2</sup>

Durante el prediseño de la ampliación en cuanto a modo de vibración, derivas máximas, cumplían con los requerimientos de la NEC-SE-DS, en este punto donde se llegó a tener problemas fue en

el cortante basal dinámico vs el cortante basal estático el cual no cumplía con  $V_d \geq 0.85 V_e$  por lo que se tuvo que calibrar el espectro para que este pueda cumplir con los requerimientos.

Una vez realizado el prediseño de ampliación se volvió a evaluar las cimentaciones, donde debido a este aumento de plantas y el aumento de carga hizo que la mayoría de las cimentaciones fallara, provocando que se llegue a tener un gran problema en la subestructura.

El presente trabajo estaba orientado a la rehabilitación de las cimentaciones, pero debido a que se tuvo problemas con las zapatas se optó por realizar un reforzamiento a la superestructura ya que intervenir en todas las cimentaciones iba hacer muy peligroso e invasivo para la edificación. Por lo que se optó por el enchapado de mampostería.

La alternativa de enchapado de mampostería fue de gran alternativa para el reforzamiento de la superestructura, ya que este es un método que no llega hacer tan invasivo con respecto a otras alternativas, este enchapado de mampostería redujo considerablemente los periodos, las derivas con respecto a la estructura sin reforzamiento de enchapado de mampostería, pero no así el cortante estático, ni dinámico que de igual manera se tuvo que calibrar para que cumpla con la condicione requeridas por la NEC-SE-DS.

PERIODOS		DERIVAS ESTÁTICAS		DERIVAS ESTÁTICAS		DERIVAS DINÁMICAS		DERIVAS DINÁMICAS	
SIN ENCHAPADO	CON ENCHAPADO	SIN ENCHAPADO EST. X	CON ENCHAPADO EST. X	SIN ENCHAPADO EST. Y	CON ENCHAPADO EST. Y	SIN ENCHAPADO DIN. X	CON ENCHAPADO DIN. X	SIN ENCHAPADO DIN. Y	CON ENCHAPADO DIN. Y
0,724	0,563	1,68%	1,45%	1,92%	1,34%	1,36%	1,29%	0,09%	0,25%
0,659	0,452								
0,576	0,389								

Con respecto a las cimentaciones el enchapado de mampostería redujo considerablemente la distribución de cargas que iban hacia la cimentación ya que gracias a este reforzamiento se tuvo tres cimentaciones fallando, a comparación de antes del reforzamiento donde fallaban en su gran mayoría.

La rehabilitación de cimentaciones es un proceso muy minucioso, y de muy alta invasión ya que se debe picar el contra piso, excavar hasta encontrar la zapata y realizar la rehabilitación para lo cual de manera didáctica se tomó el ensanchamiento de zapatas, la cual no se necesitó un gran dimensionamiento ya que sus requerimientos ante esfuerzos admisibles eran mínimos, incluso no fue necesario colocar más acero a la cimentación, ya que con la que contaba era suficiente.

Con respecto a la rehabilitación de micropilotes se llegó a la conclusión, que es un método que necesita de varios estudios para poder obtener la información necesaria para poder diseñar, por lo que esta alternativa fue explicada de forma breve y de cuanto ayuda a la cimentación en su rehabilitación.



## **RECOMENDACIONES**

En nuestro país no por el hecho de tener planos quiere decir que cumpla con las normativas ecuatorianas, y estar aprobadas por el municipio, por lo que se recomienda tener más control al momento de revisar los planos para su aprobación, así como una posterior fiscalización durante su construcción, ya que esto asegurará que se cumpla con las normativas de construcción y dar seguridad de vida a las personas que en ella habiten.

En nuestro país muchas de las edificaciones han sido construidas de manera informal o en base a códigos anteriores, por lo que se recomendaría que se han identificadas y rehabilitadas, debido al riesgo que éstas representan y que durante un evento sísmico podrían causar grandes daños es la estructura, y como también perdidas de vida..

Realizar estudios de suelos antes y después de la construcción, debido a que estos esfuerzos admisibles cambiaran debido a su proceso de consolidación, por lo que sus propiedades cambiaran por eso recomienda realizar un estudio de suelo después de su construcción.


Para los procesos de rehabilitación en edificaciones se recomienda que se cuente con profesionales capacitados y no hacerlo de manera informal, ya que al ser una rehabilitación de estructura existente se puede tener más riesgo de colapso al no saber cómo realizar una correcta rehabilitación.

Es importante que para una buena rehabilitación se cuente con planos As Built ya que esto ayudara a tener un respaldo de las dimensiones reales de la estructura y así poder intervenir de mejor manera en un futuro.

Se recomienda que para una buena rehabilitación se pueda contar con ensayos ya sea de extracción de núcleos, ensayo de esclerómetro, entre otros que ayuden a la edificación en evaluación a una mejor rehabilitación.

ANEXOS

ANEXO 1

EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES															
DATOS DE LA EDIFICACIÓN															
	Dirección: Provincia de Cotopaxi, cantón Salcedo, parroquia San Miguel, en el Barrio San Antonio No 2, ubicada en las calles Juan León Mera y Paquisha.														
	Nombre de la edificación: Residencia de la Señora María Susana Lara Cortez														
	Sitio de referencia:														
	Tipo de uso: Residencial y Comercial										Fecha de evaluación: 2021-10-01				
	Año de construcción: Diciembre - 2016										Año de remodelación: N/A				
	Área de construcción (m2): 419,49 m2										Número de pisos: 3				
	DATOS DEL PROFESIONAL														
Nombre del Evaluador: Roberto Mauricio Maldonado Guamán															
CI: 050236777-4															
Registro SENECYT: N/A															
															
TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL															
Madera	W1	Pórtico Hormigón Armado			C1	Pórtico Acero Laminado					S1				
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico H. Armado con muros estructurales			C2	Pórtico Acero Laminado con diagonales					S2				
Mampostería reforzada	RM	Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo			C3	Pórtico Acero Doblado en frío					S3				
Mixta acero-hormigón o mixta madera-hormigón	MX	H. Armado prefabricado				C4	Pórtico Acero con paredes mampostería					S4			
PUNTALES BÁSICOS, MODIFICACIONES 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	2	2,8	2		
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		
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN															
Irregularidad vertical	-2,5	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1		
Irregularidad en planta	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5		
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN															
Pre- código (construido antes de 1977) o auto construcción	0	-0,2	-1	-1,2	-1,2	-1	-0,2	-0,8	-1	-0,8	-0,8	-0,8	-0,2		
Construido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Post código 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	-0,6	-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					2,8										
GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA															
S<2.0					Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial										
2.0>S>2.5					Media vulnerabilidad										
S>2.5					Baja vulnerabilidad					2,8					
										Firma responsable de evaluación					
OBSERVACIONES:															

## FORMULARIO DE EVALUACIÓN RÁPIDA

### Inspección

CI Inspector: 0502367774

Afiliación: Voluntario

Hora y lugar de la Inspección: 2021-10-01, 11:00

Áreas Inspeccionadas:

Am  PM  
 Solo Exterior  Exterior e Interior

### Descripción de la Edificación

Nombre de la edificación: Residencia de la Señora Maria Susana Lara Cortez

Dirección: Cantón Salcedo, parroquia San Miguel, Barrio San Antonio No 2, en las calles Juan León Mera y Paquisha.

#telf de contacto celular de la edificación: 0987094709

Número de pisos sobre el suelo: 3

Subsuelo: N/A

Área en planta (m2o ft2): 419,49 m2

Número de residencias habitadas: 0

Número de residencias no habitadas: 3

### Tipo de Construcción

Estructura de madera  Estructura con muros de hormigón  
 Estructura metálica  Mampostería sin Refuerzo Estructural  
 Estructura modular prefabricada  Mampostería con Refuerzo Estructural  
 Estructura de hormigón  Otros

### Tipo de Ocupación

Familiar  Comercial  Gubernamental  
 Otro tipo de residencia  Oficinas  Histórico  
 Asamblea Pública  Industrial  Colegios  
 Servicios de emergencia  Otros

### Evaluación

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

#### Condiciones Observadas:

Colapso total, parcial o su cimentación afectada

Edificios fuera de plomo

Agrietamiento en muros u otro daño estructural

Daños en paredes, chimenea u otro elemento que amenace con caer

Movimientos, derrubios, agrietamientos del suelo

Otro (Especificar): Pisos Fisurados

Comentarios:

	Poco/Ninguna	Moderada	Severa
Colapso total, parcial o su cimentación afectada	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Edificios fuera de plomo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Agrietamiento en muros u otro daño estructural	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Daños en paredes, chimenea u otro elemento que amenace con caer	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Movimientos, derrubios, agrietamientos del suelo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otro (Especificar): Pisos Fisurados	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Estimación de Daños

Excluye Contenidos

Ninguno  
 0-1%  
 1-10%  
 10-30%  
 30-60%  
 60-100%  
 100%

### Marcación

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

INSPECCIONADA (Pancarta verde)

USO RESTRINGIDO( Pancarta Amarilla)

INSEGURO (Pancarta roja)

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

**Futuras Acciones** Poner check en cualquiera de las cajas que se enseñan a continuación en el caso de que sí se necesiten futuras acciones.

Uso de barricadas en las siguientes areas

N/A

Recomienda Evaluación Detallada

Estructural

Geotécnica

Otra:

Otra recomendación

Comentarios:

Tomado de: "Manual de Evaluación Estructural de Edificaciones Post Evento Sísmico Basado en el ATC 20-1", Trabajo de titulación, Andrade, J. 2016

**Inspección**

CI inspector: 050236777-4

Afiliación: Voluntario

Hora y fecha de inspección: 2021-10-01, 11:00

AM  PM

**Marcación final (de la página 2)**

- Inspeccionada
- Uso del restringido
- Inseguro

**Descripción de la edificación**

Nombre de la edificación: Residencia de la Señora María Susana Lara Cortez

Dirección: Cantón Salcedo, parroquia San Miguel, Barrio San Antonio No 2, en las calles Juan León Mera y Paquisha

Número del contacto de la edificación: 0987094709

Número de pisos sobre el suelo: 3 Subsuelos 0

Área en planta(m<sup>2</sup> o ft<sup>2</sup>): 419,49 m<sup>2</sup>

Número de residencias habitadas: 0

Número de residencias no habitadas: 3

**Tipo de construcción.**

- Estructura de madera.
- Estructura metálica
- Estructura modular prefabricada
- Estructura de hormigón
- Estructura con muros de hormigón
- Mampostería sin refuerzo estructural
- Mampostería con refuerzo estructural
- Otros

**Tipo de ocupación.**

- Familiar
- Otro tipo de residencia
- Asamblea pública
- Servicios de emergencia
- Comercial
- Oficinas
- Industrial
- Otros
- Gubernamental
- Históricos
- Colegios

**Evaluación**

Investigar la edificación y marcar sus condiciones en una de las Casillas. En la siguiente página existen una cuadrícula para bosquejar los daños de la estructura.

Amenazas generales	Poca/Ninguna	Moderada	Severa	Comentarios
Edificación colapsada total o parcialmente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Edificación o pisos inclinados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Otro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Amenazas estructurales</b>				
Cimentaciones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Pisos, techos (cargas verticales)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Columnas, pilastras, ménsulas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Diafragmas, arrostramiento horizontal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Muros, arrastramiento vertical	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Conexiones prefabricadas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Otros Sistema de Losa Plana	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No existe Grietas por Cortante, no existe señal por punzonamiento
<b>Amenazas no estructurales</b>				
Parapetos, ornamentación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Un revestimiento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Techo falso, iluminación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Paredes interiores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ascensores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Escaleras, salidas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No existe daño para una eventual salida de emergencia
Eléctrico, gas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No hay reporte de fallas
Otro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Amenazas geotécnicas</b>				
Fallas en terrenos con pendiente, escombros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Movimiento del suelo, fisuras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Otro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

**Comentarios generales** No existe daño ningun savero en la edificación

No existen fisuras o agrietamientos que puedan causar o exponer daño alguna a la edificación



**INSPECCIONADA  
OCUPACIÓN LEGALMENTE PERMITIDA**

La estructura ha sido inspeccionada  
(como se indica abajo) y no existe  
aparentes daños estructurales o amenazas

**Fecha:** 1/10/2021

**Hora:** 11:00

**Inspección Exterior**  
 **Inspección Exterior e Interior**

**(Precaución:** Las réplicas sísmicas  
pueden aumentar los daños y riesgos)

Reportar culaquier condición de inseguridad  
a la jurisdicción local; puede ser requerida  
una re inspección.

Esta instalación fue inspeccionada en  
condiciones de emergencia por:

**Mauricio Maldonado**

Comentario del inspector:

Jurisdicción

**CI Inspector/ Agencia:**

050236777-4

Voluntario

**Nombre de la Instalación y Dirección**

Residencia de la Señora Maria Susana Lara Cortez

Cantón Salcedo, parroquia San Miguel, Barrio

San Antonio No 2, en las calles Juan León Mera y Paquisha

**Phohibido Remover, Alterar o Cubrir esta Pancarta  
sin la debida autorización de las Autoridades Gubernamentales**

## Anexo 2

### Carga Mamposteria Nivel 2,88 y Nivel 5,4

#### Área de Paredes

PAREDES VERTICALES PISO 3,06		
ALTURA	2,32	m
PAREDES	LONGITUD [m]	AREA [m2]
P5	1,91	4,43
P4	2	4,64
P3	3,08	7,15
P2	3,08	7,15
P1	3,06	7,10
$\Sigma$		30,46

PAREDES HORIZONTALES PISO		
ALTURA	2,32	m
PAREDES	LONGITUD [m]	AREA [m2]
P1	2,01	4,66
P2	3,22	7,47
P3	2,62	6,08
P4	0,45	1,04
P5	0,45	1,04
P6	2,22	5,15
P7	0,65	1,51
P8	1,4	3,25
P9	2,77	6,43
P10	1,48	3,43
P11	1,3	3,02
P12	1,27	2,95
P13	3,68	8,54
P14	1,05	2,44
$\Sigma$		57,00

PAREDES	LONGITUD [m]	AREA [m2]
P13	1,5	3,48
P12	2,8	6,50
P11	2,21	5,13
P10	2,5	5,80
P9	1,88	4,36
P8	1,2	2,78
P7	1,85	4,29
P6	1,52	3,53
$\Sigma$		35,87

PAREDES	LONGITUD [m]	AREA [m2]
P18	1,91	4,43
P17	2	4,64
P16	3,08	7,15
P15	3,08	7,15
P14	3,06	7,10
$\Sigma$		30,46

PAREDES ADICIONALES PISO 3,06		
ALTURA	2,32	m
PAREDES	LONGITUD [m]	AREA [m2]
P1	0,51	1,1832
P2	0,51	1,1832
$\Sigma$		2,3664

#### AREA DE VENTANAS PISO 2

VENTANA	LONGITUD	ALTURA	AREA
V1	2	2,52	5,04
V2	2	2,52	5,04
V3	1,2	2,32	2,78
V4	0,6	2,32	1,39
V5	1	1,5	1,50
V6	2,01	1,55	3,12
V7	0,7	1,55	1,09
V8	0,7	1,55	1,09
V9	0,93	1,55	1,44
V10	0,7	1	0,70
V11	2	2,55	5,10
$\Sigma$			28,28



AREA DE PAREDES

ESPESOR DE PAREDES

AREA TOTAL 127,876 m2

ESPESOR 0,12 m

NUMERO DE BLOQUES EN PISO1

Area de Bloque con Mortero de 2cm  
Area de bloque 0,09240  
Numero de bloques 1383,942 u

VOLUMEN DE PARED MAS MORTERO

Volumen de Pared 15,35 m3

PESO MORTERO

$\gamma_M$  2 Ton/m3  
PESO 4,12 Ton 0,035814

PESO TOTAL MAMPOSTERIA [Ton]

PESO TOTAL 21,63 Ton

PESO ENLUCIDO INTERIO Y EXTERIOR

Enlucido 0,03 m  
 $\gamma_M$  2 Ton/m3  
PESO 7,67 Ton 0,06671802

PESO MAMPOSTERIA [Ton/m2]

PESO TOTAL 0,1881 Ton/m2 0,18809571  
188,0957

## Carga Mamposteria Nivel 7.92

PAREDES VERTICALES PISO 3,06		
ALTURA	2,32	m
PAREDES	LONGITUD [m]	AREA [m2]
P5		0,00
P4		0,00
P3	1,91	4,43
P2	2	4,64
P1	3,08	7,15
$\Sigma$		16,22

PAREDES HORIZONTALES PISO 3,06		
ALTURA	2,32	m
PAREDES	LONGITUD [m]	AREA [m2]
P1	2,72	6,31
P2	2,95	6,84
P3	0,3	0,70
P4	1	2,32
P5	1,27	2,95
P6	0,93	2,16
P7	0,65	1,51
P8	0,7	1,62
P9	0,7	1,62
P10	0,7	1,62
P11	1,05	2,44
P12	2,01	4,66
P13		0,00
P14		0,00
$\Sigma$		34,75

PAREDES	LONGITUD [m]	AREA [m2]
P13		0,00
P12		0,00
P11		0,00
P10		0,00
P9		0,00
P8	2,14	4,96
P7	2,5	5,80
P6	3,08	7,15
$\Sigma$		17,91

AREA DE VENTANAS PISO 2			
VENTANA	LONGITUD	ALTURA	AREA
V1			0,00
V2			0,00
V3			0,00
V4			0,00
V5	1	1,5	1,50
V6	2,01	1,52	3,06
V7	0,7	1,52	1,06
V8	0,7	1,52	1,06
V9	0,93	1,52	1,41
$\Sigma$			8,10

PAREDES	LONGITUD [m]	AREA [m2]
P18		0,00
P17		0,00
P16		0,00
P15	1,91	4,43
P14	2	4,64
$\Sigma$		9,07

AREA DE PAREDES

ESPESOR DE PAREDES

AREA TOTAL 69,855 m2

ESPESOR 0,12 m

NUMERO DE BLOQUES EN PISO1	
Area de Bloque con Mortero de 2cm	
Area de bloque	0,09240
Numero de bloques	756,009 u

VOLUMEN DE PARED MAS MORTERO	
Volumen de Pared	8,38 m3

VOLUMEN DE MORTERO	
VOLUMEN	1,12 m3

PESO MORTERO	
$\gamma_M$	2 Ton/m3
PESO	2,25 Ton

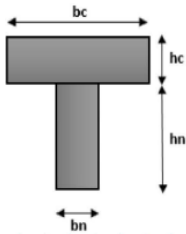
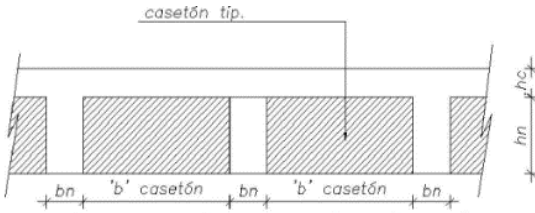
PESO BLOQUE	
$\gamma_B$	1,2 Ton/m3
PESO	5,38 Ton

PESO ENLUCIDO INTERIO Y EXTERIOR	
Enlucido	0,03 m
$\gamma_M$	2 Ton/m3
PESO	4,19 Ton

PESO TOTAL MAMPOSTERIA [Ton]	
PESO TOTAL	11,82 Ton

PESO MAMPOSTERIA [Ton/m2]	
PESO TOTAL	0,1028 Ton/m2
	102,7514

# Cálculo

LOSA			
			
DIMENSION LOSA	DIMENSION LOSA		
bc = 50 cm	0,5 m	bb = 20 cm	0,2 m
hc = 5 cm	0,05 m	lb = 40 cm	0,4 m
hn = 15 cm	0,15 m	eb = 15 cm	0,15 m
bn = 10 cm	0,1 m	# bloques = 8 u-m2	
YHA = 2,4 ton-m3		Ybloque = 0,86 ton-m3	

PESO DE NERVIO DE LOSA POR METRO CUADRADO
Inervio = 3,6 m
PESO NERVIO = 0,13 ton-m2 PESO DE UN PISO

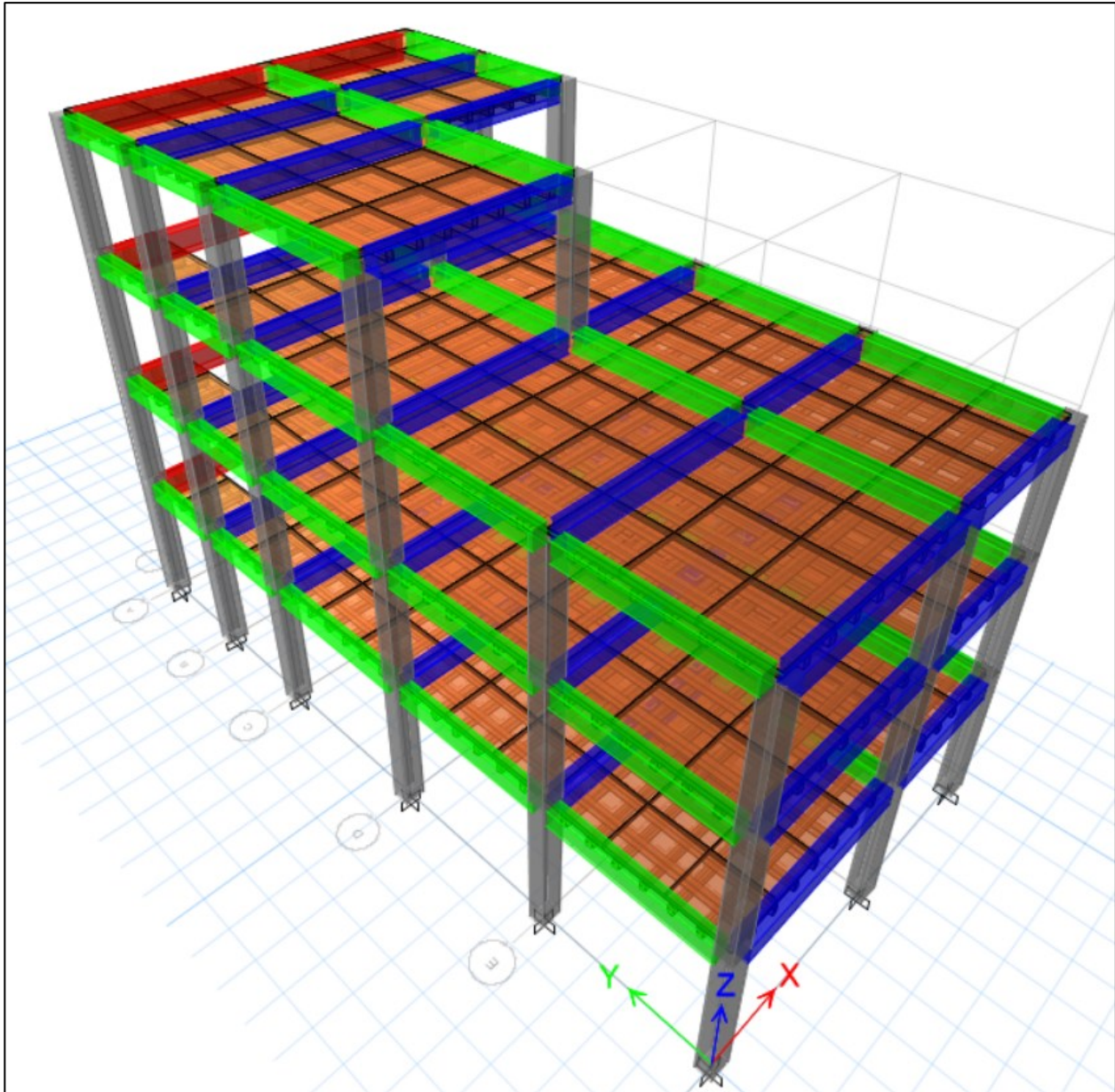
PESO DE LOSETA POR METRO CUADRADO
PESO LOSETA = 0,12 ton-m2 PESO DE UN PISO

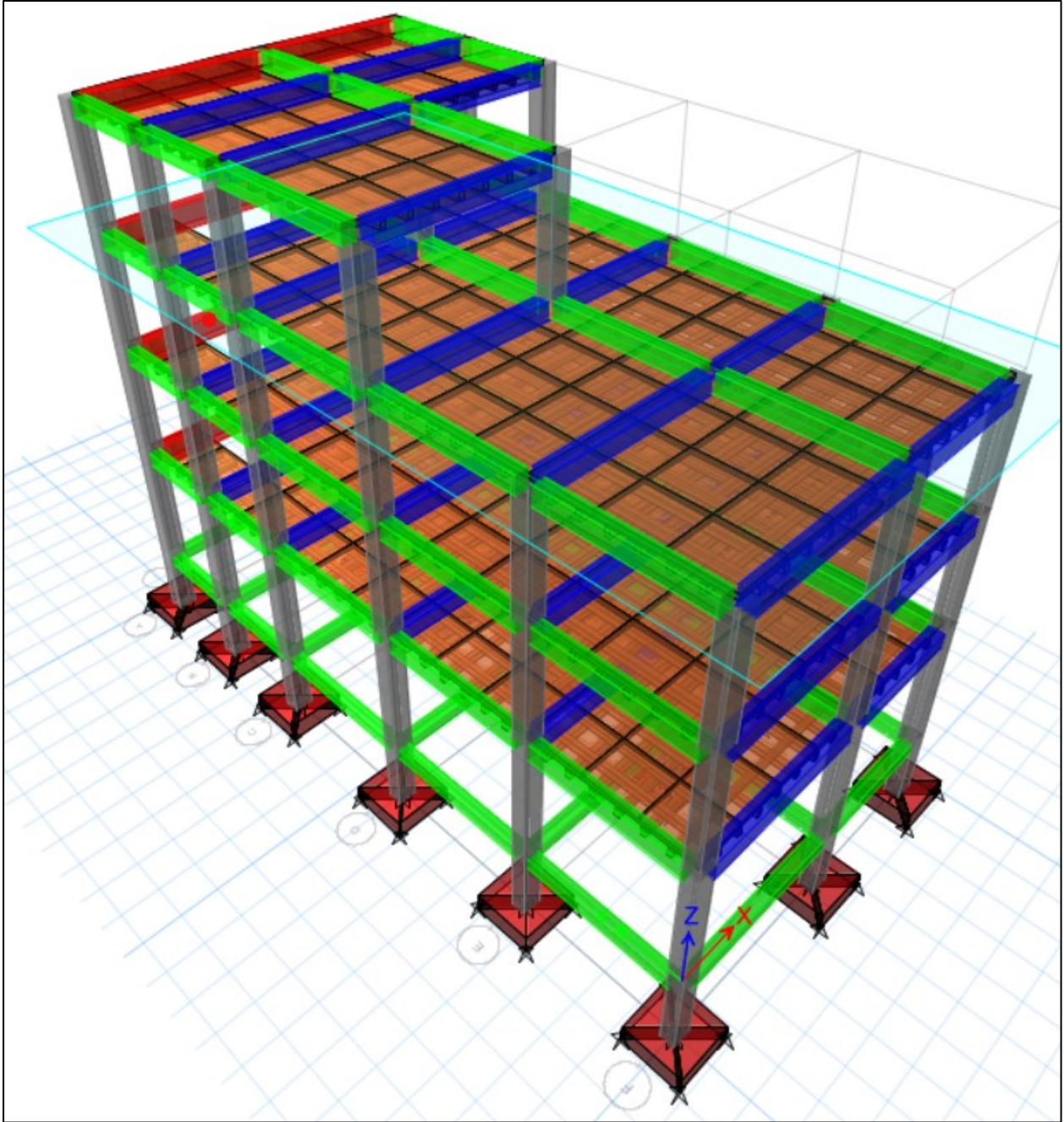
PESO DE BLOQUES DE LOSA POR METRO CUADRADO
VOLUMEN DE BLOQUE = 0,00675 m3
PESO DE BLOQUE = 0,046 ton-m2 PESO DE UN PISO

PESO TOTAL DE LOSA
PESO LOSA = 0,296 ton-m2 PESO DE UN PISO

## Anexo 3:

### Modelación sin ampliación





## Anexo 4

### Cimentaciones

CARGAS			
			$P_u$ 23,76 ton
$P$	18,5644	Tton	
$M_x$	0,0153	ton-m	$M_{ux}$ 0,0166 ton-m
$M_y$	0,0008	ton-m	$M_{uy}$ 0,0034 ton-m

Columna	Material	Suelo	
$b$ 0,5 m	$f_y$ 4200 kgf-cm <sup>2</sup>	$q_{adm}$ 18,2 ton-m <sup>2</sup>	
$h$ 0,6 m	$f_c$ 210 kgf-cm <sup>2</sup>		
	$f_y$ 42000 ton-m <sup>2</sup>		
	$f_c$ 2100 ton-m <sup>2</sup>		

Dimensionamiento para la cimentacion

A requerida	1,02	m <sup>2</sup>			
B	1,24	m	← →	1,2	m
L	0,82	m	← →	1,2	m
Area	1,44	m <sup>2</sup>			

Excentricidad por Cargas de Servicio

$e_x$	0,00	m	0,0043	cm	$B/6$	0,20	m
$e_y$	0,00	m	0,0824	cm	$L/6$	0,20	m

Se verifica si la carga esta ubicada en tercio medio de cimentacion

verificacion $e_x$	CUMPLE	$e_x < \frac{B}{6}, CUMPLE$			
verificacion $e_y$	CUMPLE	$e_y < \frac{L}{6}, CUMPLE$			

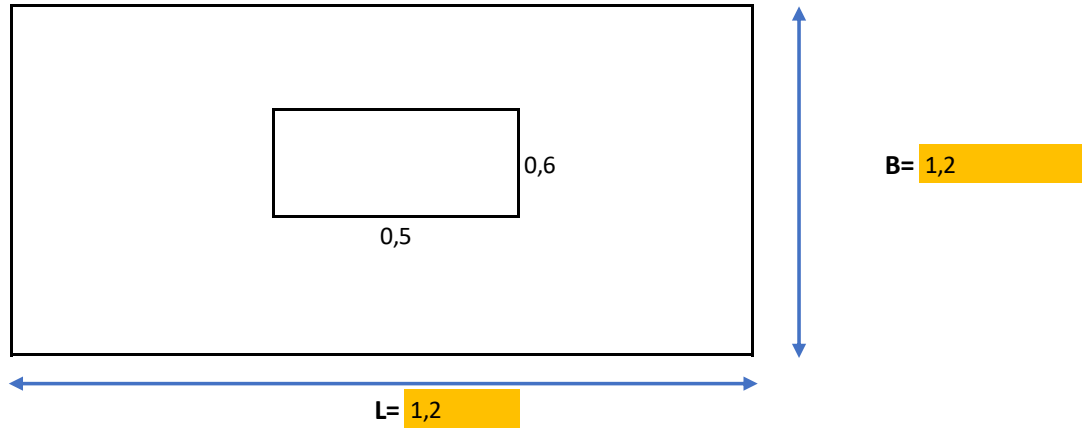
Calculo de  $q_{max}$

$q_{max}$  12,948 Ton-m<sup>2</sup>

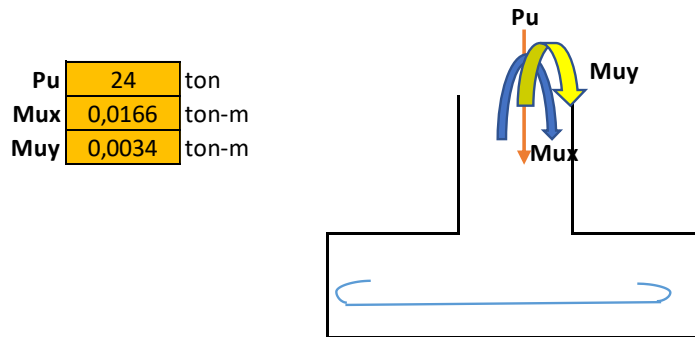
$q_{max} < q_{adm}, CUMPLE$  ;  $q_{max} > q_{adm}, CAMBIAR SECCION$

Verificacion Cumple  $q_{max} < q_{adm}$

### Dimensiones de Zapata



### Diagrama de Reacciones del Suelo de Cimentacion Bajo Cargas Ultimas



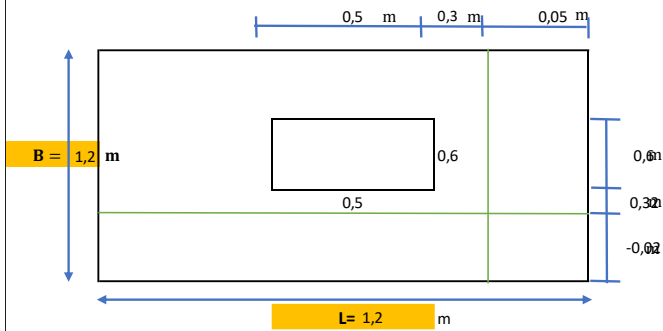
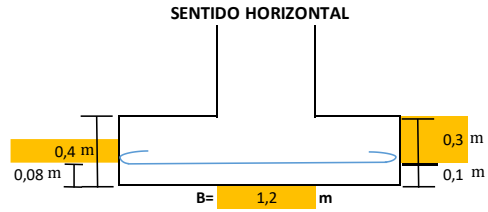
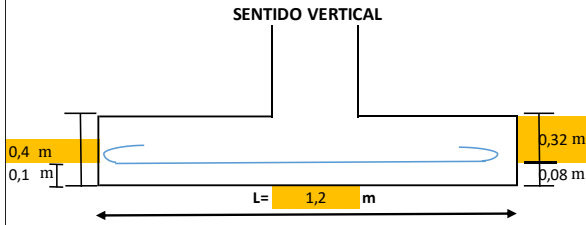
### Excentricidad por Cargas de Servicio

ex	0,000143	m	0,0143	cm
ey	0,000699	m	0,0699	cm



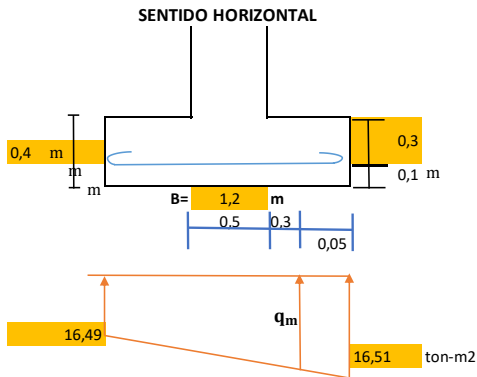
Asumimos un altura tentativa para cimentacion

H=	40 cm	0,4 m
rx	10 cm	0,1 m
ry	8 cm	0,08 m



DISEÑO CORTE EN DIRECCIÓN X

$q_{max} = 16,51 \text{ ton-m}^2$       $q_{max} = \frac{Pu}{A} \left[ 1 + \frac{6 \cdot ex}{B} \right]$   
 $q_{min} = 16,49 \text{ ton-m}^2$       $q_{min} = \frac{Pu}{A} \left[ 1 - \frac{6 \cdot ex}{B} \right]$



$q_m = 16,51 \text{ ton-m}^2$

$v_u = 0,99 \text{ ton}$

El Esfuerzo que actúa sobre la sección

$V_u = 3,24 \text{ ton-m}^2$       $V_u = \frac{v_u}{\phi \cdot b \cdot d}$

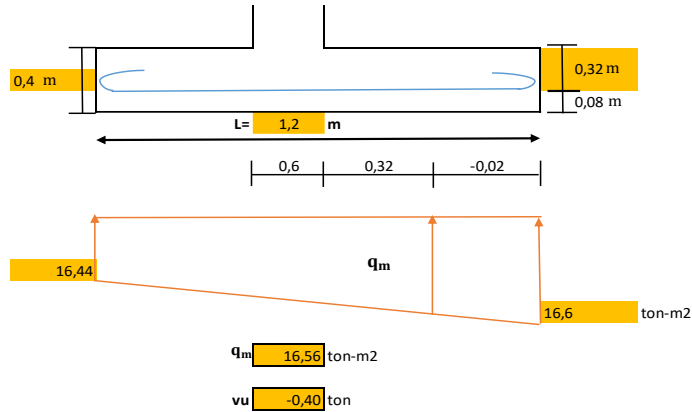
El Esfuerzo cortante capaz de resistir

$V_c = 7,25 \text{ kgf-cm}^2$       $V_c = 0,5 \cdot \sqrt{f'c}$   
 $V_c = 72,46 \text{ ton-m}^2$

$V_u < V_c \rightarrow \text{ok CUMPLE}$

**DISEÑO CORTE EN DIRECCIÓN Y**

$q_{max} = 16,6 \text{ ton-m}^2$       $q_{max} = \frac{Pu}{A} \left[ 1 + \frac{6 \cdot ey}{L} \right]$   
 $q_{min} = 16,44 \text{ ton-m}^2$       $q_{min} = \frac{Pu}{A} \left[ 1 - \frac{6 \cdot ey}{L} \right]$



**El Esfuerzo que actúa sobre la sección**

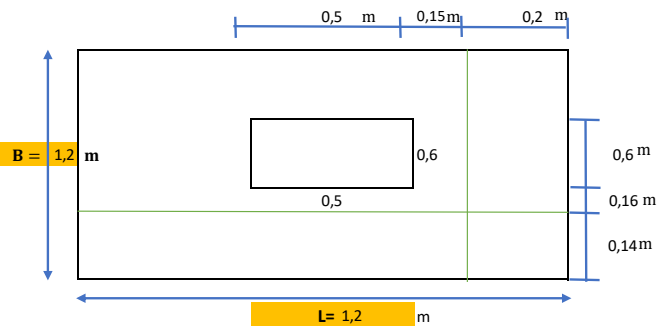
$V_u = -1,22 \text{ ton-m}^2$       $V_u = \frac{v_u}{\phi * b * d}$

**El Esfuerzo cortante capaz de resistir**

$V_c = 7,25 \text{ kgf-cm}^2$   
 $V_c = 72,46 \text{ ton-m}^2$       $V_c = 0.5 * \sqrt{f'c}$

$V_u < V_c \rightarrow$  ok **CUMPLE**

**PUNZONAMIENTO A d/2**



**Esfuerzo Centroidal**

$\bar{q} = 16,50201 \text{ ton-m}^2$       $\bar{q} = \frac{Pu}{A}$

**La Fuerza Cortante que Actúa sobre la Sección Crítica**

$v_u = 11,62 \text{ ton}$

**El Esfuerzo cortante por Punzonamiento que actúa sobre la sección**

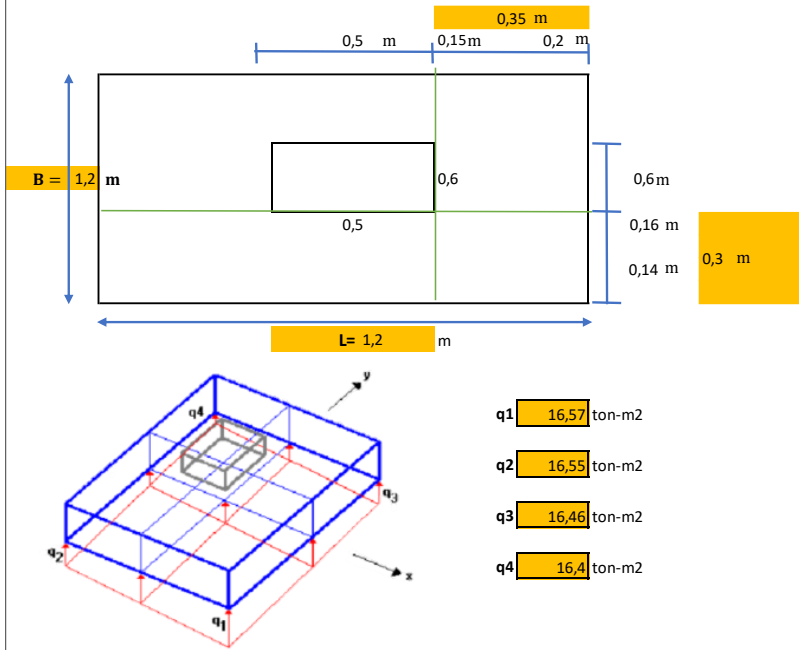
$V_u = 12,79 \text{ ton-m}^2$       $V_u = \frac{v_u}{\phi * b * d}$

**Esfuerzo Resistente por Punzonamiento**

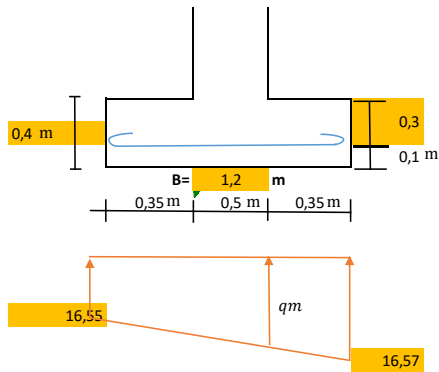
$V_c = 14,49138 \text{ kgf-cm}^2$   
 $V_c = 144,9138 \text{ ton-m}^2$       $V_c = \sqrt{f'c}$

$V_u < V_c \rightarrow$  ok **CUMPLE**

### Diseño a Flexión



Diseño a Flexión en la Dirección X



Para un Ancho de Diseño de 100cm

qm  ton-m<sup>2</sup>

q<sub>dr</sub>  ton-m<sup>2</sup>

Mu  ton.m

La sección acero requerida, en la dirección X de 100cm

Acero Asr  cm<sup>2</sup>

Acero min A<sub>smin</sub>  cm<sup>2</sup>

Maximo entre As y A<sub>smin</sub> As  cm<sup>2</sup>

Espaciamiento s  cm  
 Diametro Ø  mm  
 Av  cm<sup>2</sup>

Acero en 100cm

Numero de Varillas Nv  u  
 Area de una Varilla Av  cm<sup>2</sup>  
 Area de Varillas en 1m<sup>2</sup> Avt  cm<sup>2</sup>

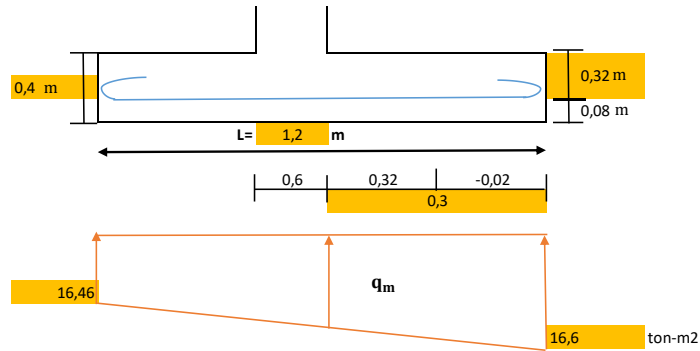
Condicion: As\_col >= As Condicion

Acero Total en B

Numero de Varillas Nv  u  
 Nv  u  
 Acero Colocado Total As\_col  cm<sup>2</sup>

Se coloca  varillas de  mm en un ancho de  cm

Diseño a Flexión en la Dirección Y



Para un Ancho de Diseño de 100cm

qm 16,5 ton-m2

q<sub>dr</sub> 0,0 ton-m2

Mu 0,745283 ton.m

La sección acero requerida, en la dirección X de 100cm

Acero Asr 0,62 cm2

Acero min A<sub>smin</sub> 10,667 cm2

Maximo entre As y A<sub>smin</sub> As 10,67 cm2

Espaciamiento s 15 cm

Diametro Ø 18 mm

Av 2,54 cm2

Acero en 100cm

Numero de Varillas Nv 6,666667 u

Area de una Varilla Av 2,54 cm2

Area de Varillas en 1m2 Avt 16,9646 cm2

Condicion: As\_col >= As Condicion Acero Cumple

Acero Total en L

Numero de Varillas Nv 8 u

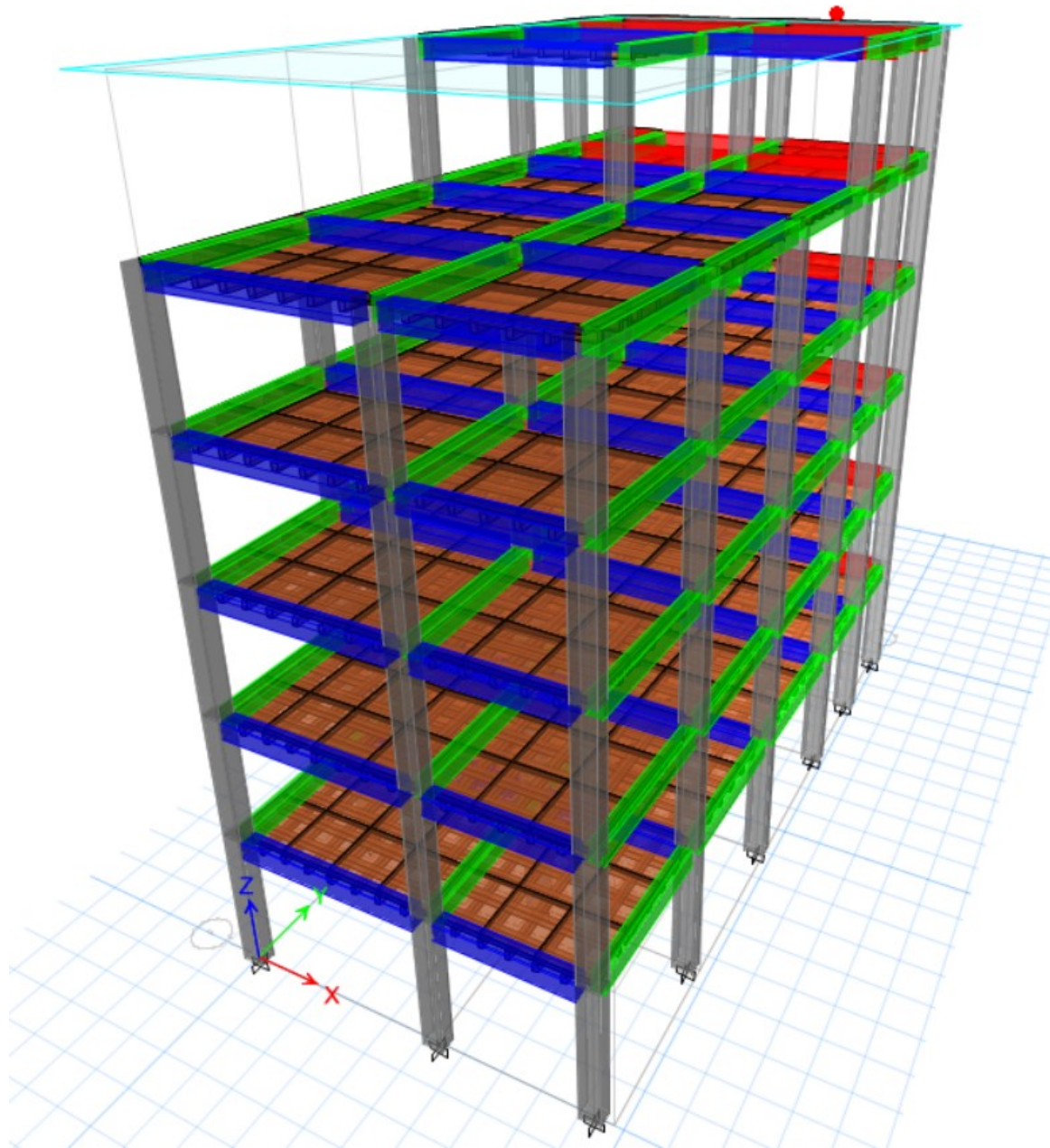
Nv 8,0 u

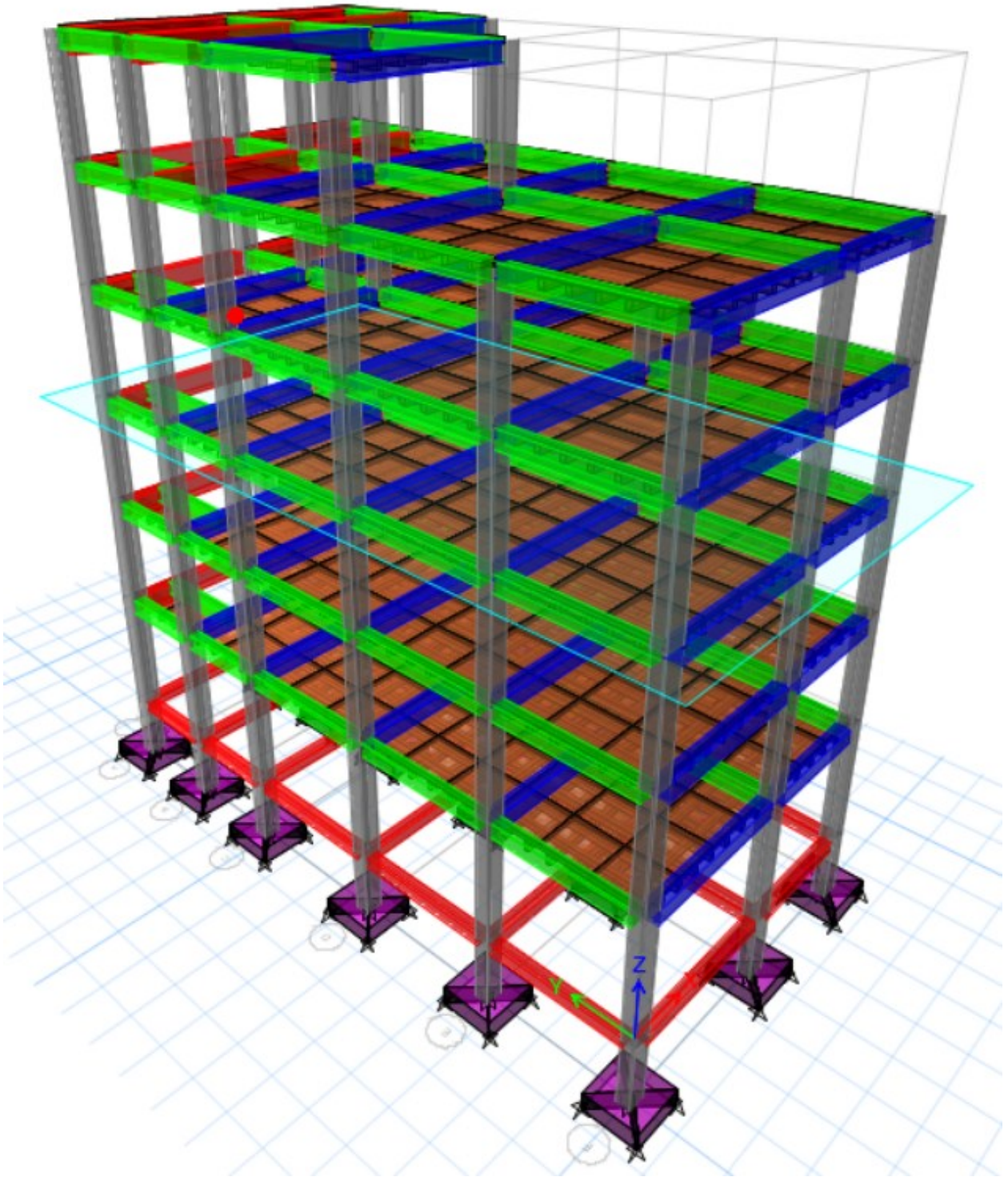
Acero Colocado Total As\_col 20,35752 cm2

Se coloca 8,0 varillas de 18 mm en un ancho de 120 cm

## Anexo 5

### Prediseño de Ampliación





## Cálculo de Mampostería con paneles ZIPWALL y bloque de 12cm.

PAREDES VERTICALES PISO 3,06			
ALTURA	2,32	m	
PAREDES	LONGITUD [m]	AREA [m2]	EXTERNAS
P5	1,91	4,43	
P4	2	4,64	
P3	3,08	7,15	
P2	3,08	7,15	
P1	3,06	7,10	
		Σ	

PAREDES	LONGITUD [m]	AREA [m2]	INTERNAS
P13	1,5	3,48	
P12	2,8	6,50	
P11	2,21	5,13	
P10	0	0,00	
P9	1,88	4,36	
P8	1,2	2,78	
P7	0	0,00	
P6	1,52	3,53	
		Σ	

PAREDES	LONGITUD [m]	AREA [m2]	EXTERNAS
P18	1,91	4,43	
P17	2	4,64	
P16	3,08	7,15	
P15	3,08	7,15	
P14	3,06	7,10	
		Σ	30,46

PAREDES ADICIONALES			
ALTURA	2,32	m	
PAREDES	LONGITUD [m]	AREA [m2]	
P1	0,51	1,1832	
P2	0,51	1,1832	
		Σ	2,3664



PAREDES HORIZONTALES PISO			
ALTURA	2,32	m	
PAREDES	LONGITUD [m]	AREA [m2]	
P1	2,01	4,66	EXTERNAS
P2	3,22	7,47	
P3	2,62	6,08	
P4	0,45	1,04	INTERNAS
P5	0	0,00	
P6	0	0,00	
P7	0,65	1,51	
P8	0	0,00	
P9	2,77	6,43	
P10	1,48	3,43	
P11	1,3	3,02	
P12	1,27	2,95	EXTERNAS
P13	3,68	8,54	
P14	1,05	2,44	
		Σ	47,56

AREA DE VENTANAS PISO 2			
VENTANA	LONGITUD	ALTURA	AREA
V1	2	2,52	5,04
V2	2	2,52	5,04
V3	2	2,32	4,64
V4	0,6	2,32	1,39
V5	1	1,5	1,50
V6	2,01	1,55	3,12
V7	0,7	1,55	1,09
V8	0,7	1,55	1,09
V9	0,93	1,55	1,44
V10	0,7	1	0,70
V11	1	1	1,00
V12	2	2,52	5,04
			Σ 31,08

AREA DE PAREDES

ESPESOR DE PAREDES

AREA TOTAL 105,546 m2

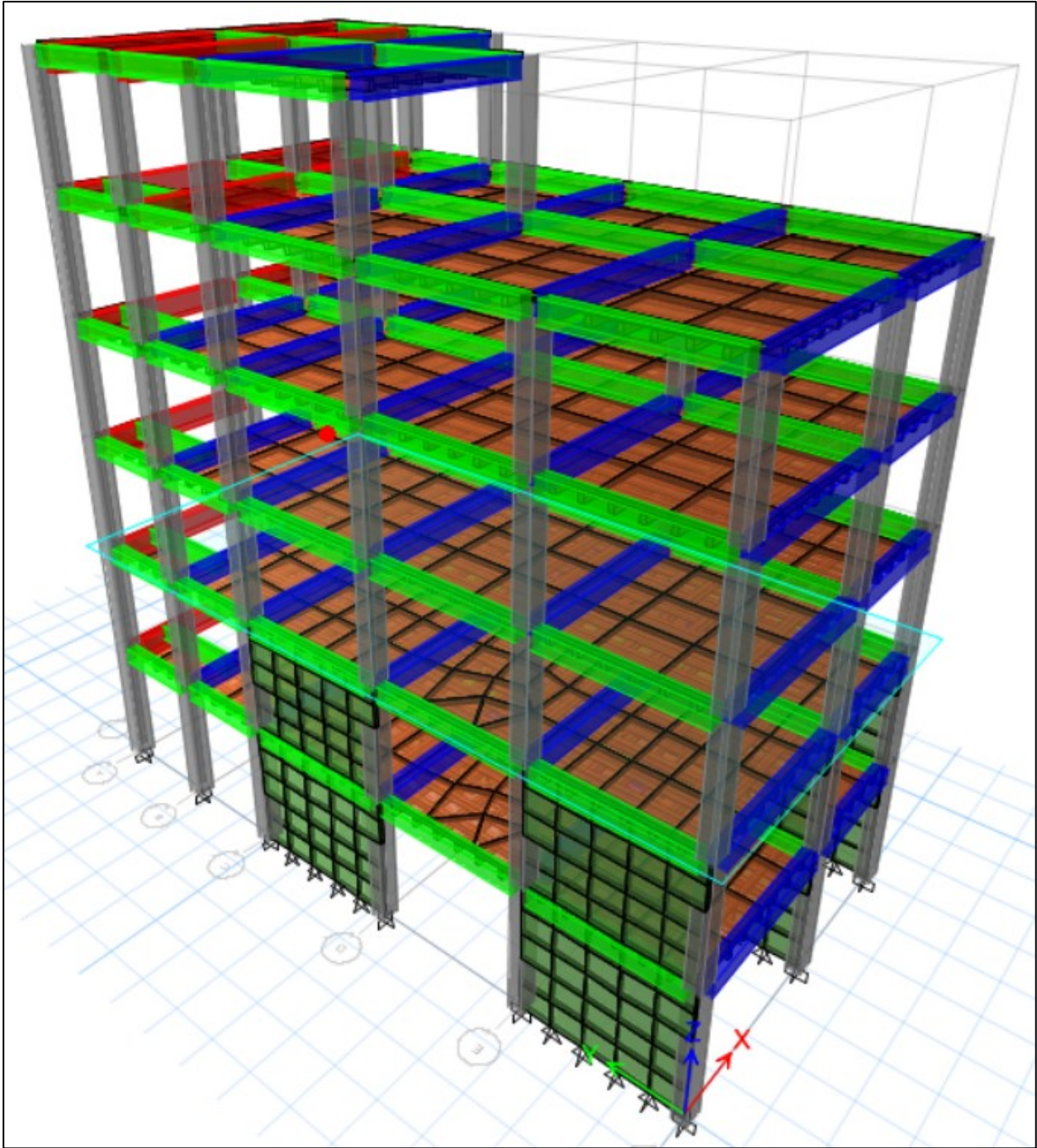
ESPESOR 0,12 m

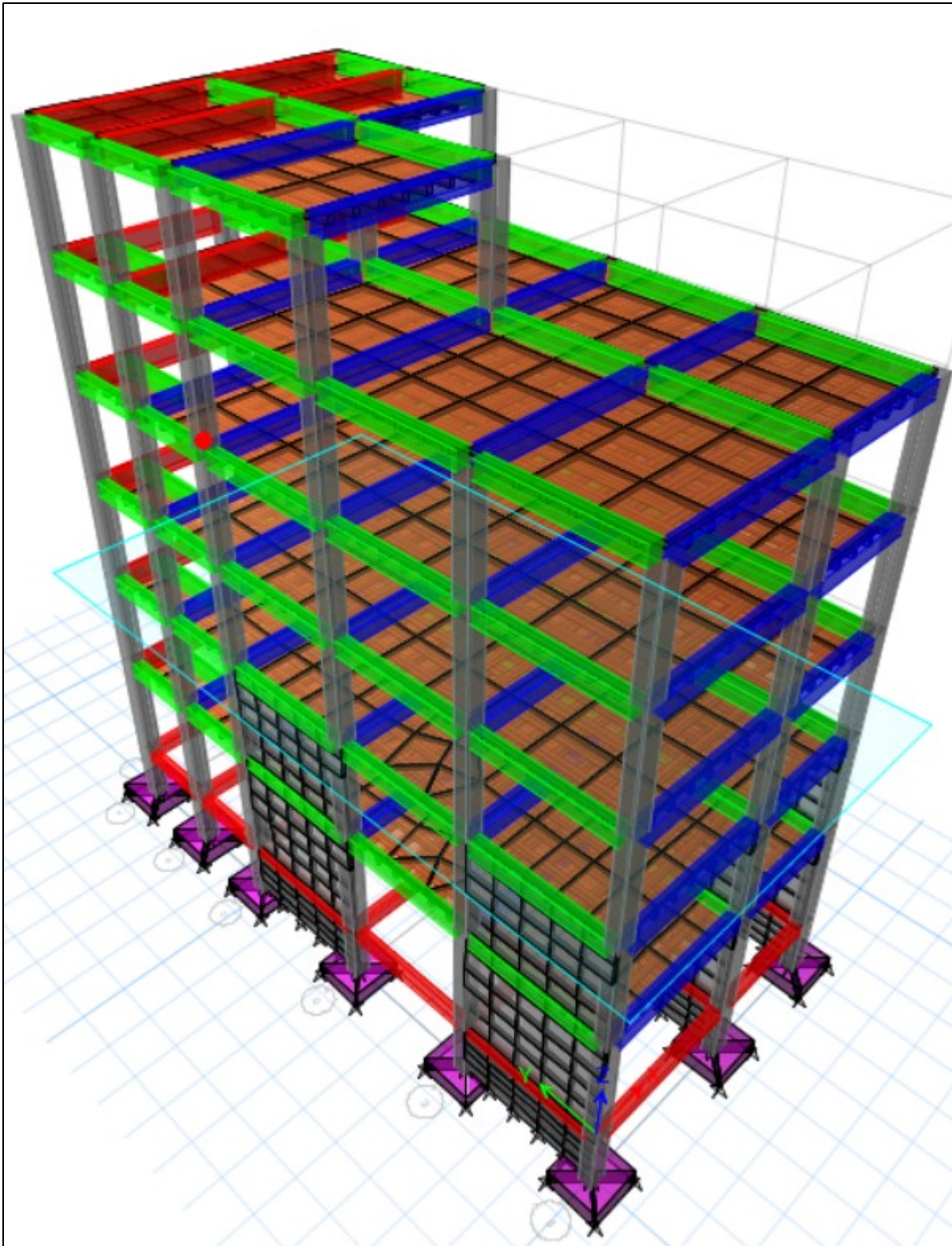
VOLUMEN DE MORTERO			
VOLUMEN	1,70	m <sup>3</sup>	
PESO MORTERO			
$\gamma_M$	2	Ton/m <sup>3</sup>	
PESO	3,40	Ton	0,02955998
PESO BLOQUE			
$\gamma_B$	1,2	Ton/m <sup>3</sup>	
PESO	8,12	Ton	0,07062212
PESO ENLUCIDO INTERIO Y EXTERIOR			
Enlucido	0,03	m	
$\gamma_M$	2	Ton/m <sup>3</sup>	
PESO	6,33	Ton	0,05506737
PESO TOTAL MAMPOSTERIA [Ton]			
PESO TOTAL	17,85	Ton	
PESO MAMPOSTERIA [Ton/m <sup>2</sup> ]			
PESO TOTAL	0,1552	Ton/m <sup>2</sup>	0,15524947
	155,2495		

TIPO DE PANEL A USAR ZIPWALL			
USO: 1 Paredes interiores y estructuras portantes menores			
TIPO DE PANEL: ZT118A			
LARGO:	2440	mm	2,44 m
ANCHO:	1220	mm	1,22 m
ESPESOR	118	mm	0,118 m
AREA:	2976800	mm <sup>2</sup>	2,977 m <sup>2</sup>
PESO:	59,02	kgf	0,0590 tonnef
N° DE PANELES:	20,282	u	
PESO M. PANEL:	1,197	tonnef	
PESO POR M2:	0,0104	tonnef/m <sup>2</sup>	10,4088238
AREA DE LOSA:	115	m <sup>2</sup>	
PESO T. EXT E INT	0,1657	tonnef/m <sup>2</sup>	
	165,66	kgf/m <sup>2</sup>	

## Anexo 6

### Enchapado de Mamposteria





## REFERENCIA

- ACI-318S-11. (2011). Requisitos de Reglamento para concreto estructural. *American Concrete Institute*.
- Andrade, J. (2016). *Manual de Evaluación Estructural de Edificaciones Post Evento Sísmico Basado en el ATC 20-1*. Retrieved from <https://repositorio.usfq.edu.ec/>:  
<http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/5410>
- Ascura, P., & Muriel, A. (2019). *Propuesta de reforzamiento integral de un Edificio Comercial de 2 pisos con ampliación a 5 pisos en la ciudad de Lima- San Martin de Porres: comparando un recalce convencional de un no convencional*. Obtenido de Upc.edu.pe.:  
<https://doi.org/http://hdl.handle.net/10757/650329>.
- Astorga, A., & Rivero, P. (2009). Patologías en las Edificaciones. *Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos*.
- Borja, M. (2016). *Calculo de pilotes por fricción y proceso constructivo de pilotes*. Obtenido de Umsa.bo:  
<https://doi.org/http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/11714>
- Borja., L., & Torres., M. (2015). *Diseño del reforzamiento estructural de un edificio de departamentos de 4 plantas ubicado en el sector de Quitumbe, ciudad de Quito, provincia de Pichincha*. Retrieved from <https://bibdigital.epn.edu.ec/>: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11859>
- Calavera, J. (2000). *Cálculo de Estructuras de Cimentación. (4ta ed.)*.
- Casagallo, A. (2021). *EVALUACIÓN, AMPLIACIÓN Y REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN ACERO Y HORMIGÓN CON ETABS*. Obtenido de Codadepro.ec:  
<http://virtual.codadepro.ec/course/view.php?id=53>
- Cevallos., J., & Meléndez., S. (2019). *Análisis estructural del desempeño sísmico del edificio de la Carrera de Ingeniería Civil mediante la medición de vibraciones*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/>: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/33565>
- Chaparro, F. (1999). Reparación de Cimentaciones.
- Construcción., N. E. (2014). *Habitatyvivienda.gob.ec*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- CONSTRUMÁTICA. (2016). *CONSTRUMÁTICA MATEPORAL DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN*. Retrieved from [https://www.construmatica.com/construpedia/Zapatatas\\_Aisladas](https://www.construmatica.com/construpedia/Zapatatas_Aisladas)
- Cosntrucción, N. E. (2015). *habitat y vivienda*. Obtenido de habitat y vivienda:  
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-GC-Geot%C3%A9cnica-y-Cimentaciones.pdf>
- Das, B. (2015). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. In *Thomson Learning*.

- Datosmacro. (4 de Febrero de 2021). *Ecuador - Poblacional 2019*. Obtenido de Datosmacro.com: <https://datosmacro.expansion.com/demografia/poblacion/ecuador>
- Estrada., A., & Vivanco., K. (2019). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica, análisis estructural y diseño del reforzamiento de una vivienda de tres pisos ubicada en el norte de Quito - Ecuador*. Retrieved from <http://bibdigital.epn.edu.ec/>: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20314>
- Gómez, W., & Loayza, A. (2014). *Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Centros de Salud del Distrito de Ayacucho*. Retrieved from [Unh.edu.ec](http://Unh.edu.ec): <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/241>
- Gualoto., J., & Querembas., O. (2019). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica del barrio solanda sector 1 en el Distrito Metropolitano de Quito mediante ensayo con acelerómetro y formato de evaluación estructural*. Retrieved from [repositorio.espe.edu.ec](http://repositorio.espe.edu.ec): <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/15853>
- Guía práctica de evaluación sísmica y rehabilitación para estructuras NEC. (2014). *Habitatyvivienda.gob.ec*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/GUIA-5-EVALUACION-Y-REHABILITACION1.pdf>
- Hernández E, & De Alba R. (2011). *Rehabilitación para un Cambio de Uso y Prolongaciones de la Vida Util en Edificaciones*. 31.
- Hurtado, D. I. (2001). *Diseño de Cimentaciones*. El Salvador.
- Investigación comparativa - Proyecto de investigación integrado. (2021). *Investigación comparativa*. Retrieved from <https://sites.google.com/site/pii2bto/el-problema-de-la-investigacion/tipos-de-investigacion/investigacin-comparativa>
- Izquierdo, J. (2015). *Guía práctica de refuerzo de sistemas estructurales*. Retrieved from [upcommons.upc.edu](http://upcommons.upc.edu): <http://hdl.handle.net/2117/78360>
- Jiménez., M. (2017). *Análisis sísmico y propuesta de reforzamiento mediante el código ASCE 41 aplicado al edificio Santacruz*. Retrieved from <http://repositorio.espe.edu.ec/>: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/12644>
- La informalidad en la construcción es el mayor riesgo en un terremoto - Instituto Geofísico -EPN. (2016). *Igepn.edu.ec*. Retrieved from <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/381-la-informalidad-en-la-construccion-es-el-mayor-riesgo-en-un-terremoto>
- Loor, J., & Mendoza, L. (2019). *Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica del Edificio de la Facultad de Informática de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí*. Retrieved from [repositorio.uleam.edu.ec](http://repositorio.uleam.edu.ec): <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/2084>
- MALLAS ELECTROSOLDADAS TREFILADAS - Adelca. (2022). *Adelca.com*. Retrieved from <https://www.adelca.com/producto.php?nom=MALLAS%20ELECTROSOLDADAS%20TREFILADAS&cat=0>
- NEC-SE-DS Peligro Sísmico. (2014). *Habitatyvivienda.gob.ec*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-DS.pdf>

- NEC-SE-GC. (2014). *Habitatyvivienda.gob.ec*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-GC-Geot%C3%A9cnia-y-Cimentaciones.pdf>
- NEC-SE-RE Riesgo Sísmico. (2014). *Habitatyvivienda.gob.ec*. Retrieved from <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-RE-Riesgo-s%C3%ADsmico.pdf>
- Nohlen, D. (2006). El Método Comparativo. *Jurídica Virtual del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM*, 1.
- NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN. (2014). *Habitatyvivienda.gob.ec*. Retrieved from <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- Paz., M. (2013). *Dinamica Estructural*. Instituto de Materiales y Modelos Estructurales.
- Pérez., J. (2017). *Técnicas Básicas de Recalce*. Retrieved from <https://www.udc.es:https://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/ETSAC/Profesores/valcarcel/MaterMRHE-0809/4-Recalces1.pdf>
- Quininde Martínez, P., & Reinosos Angulo, E. (2016). Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuestas de espectros de diseño para la Ciudad de Cuenca . *Ingeniería Sísmica*, 26.
- Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook. (2003). *Disaster Prevention and Management: An International Journal*. Obtenido de [https://www.fema.gov:https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema\\_earthquakes\\_rapid-visual-screening-of-buildings-for-potential-seismic-hazards-a-handbook-third-edition-fema-p-154.pdf](https://www.fema.gov:https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema_earthquakes_rapid-visual-screening-of-buildings-for-potential-seismic-hazards-a-handbook-third-edition-fema-p-154.pdf)
- Redim, F. (2018). *Evaluación sísmica del edificio de la facultad de ingeniería mediante código ASCE 41-13*. Retrieved from <http://repositorio.puce.edu.ec:http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15437>
- Redim., F. (2018). *Evaluación sísmica del edificio de la facultad de ingeniería mediante código ASCE 41-13*. Retrieved from <http://repositorio.puce.edu.ec:http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15437>
- Restauración y Rehabilitación. Fundamentos de la Rehabilitación: La Rehabilitación | Construpedia, e. c. (2021). *Construmatica.com*. Retrieved from [https://www.construmatica.com/construpedia/Restauraci%C3%B3n\\_y\\_Rehabilitaci%C3%B3n\\_Fundamentos\\_de\\_la\\_Rehabilitaci%C3%B3n:\\_La\\_Rehabilitaci%C3%B3n](https://www.construmatica.com/construpedia/Restauraci%C3%B3n_y_Rehabilitaci%C3%B3n_Fundamentos_de_la_Rehabilitaci%C3%B3n:_La_Rehabilitaci%C3%B3n)
- Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings (41-17). (2017). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings (41-17)*.
- SGR, PDNU, ECHO, MIDUVI. (2016). Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015. In S. MIDUVI, *Capítulo 5.5 Inspección y Evaluación Rápida* (pp. 120-180). Quito: Imprenta activa.
- Significados. (2019). *Investigacion Documental*. Obtenido de <https://www.significados.com:https://www.significados.com/investigacion->

documental/#~:text=La%20investigaci%C3%B3n%20documental%20o%20bibliogr%C3%A1fica,%2C%20registros%20audiovisuales%2C%20entre%20otros

Silva, J. (2017). *Guía de reforzamiento para estructuras informales aporticadas según estudio de vulnerabilidad en el Distrito Metropolitano de Quito*. Retrieved from repositorio.espe.edu.e:  
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13181>

Suntaxi., J. (2016). *Análisis de un edificio con aisladores de base y su influencia en la curva de capacidad*. Retrieved from bibdigital.epn.edu.ec/: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16828>



**FIRMAS DE RESPONSABILIDAD**



**Roberto Mauricio Maldonado Guamán**

**CI: 050236777-4**



**Carlos Alexis Ayala Moya**

**CI: 171296897-1**