



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE GUAYAQUIL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS DERIVAS DE PISO EN UNA  
EDIFICACIÓN DE HORMIGÓN ARMADO PARA LAS CIUDADES DE  
ESMERALDAS, AMBATO Y NUEVA LOJA**

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

**AUTORES:** Liliana Elena Vivanco López

Megan Lisseth Asqui Guamán

**TUTOR:** Ing. Kevin Ricardo Proaño Viscarra, MSc.

Guayaquil – Ecuador

2024

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

Nosotras, Liliana Elena Vivanco López con documento de identificación N° 0954198370 y Megan Lisseth Asqui Guamán con documento de identificación N° 0944269398, manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 19 de agosto del año 2024

Atentamente,



---

Liliana Elena Vivanco López

0954198370



---

Megan Lisseth Asqui Guamán

0944269398

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

Nosotras, Liliana Elena Vivanco López con documento de identificación N° 0954198370 y Megan Lisseth Asqui Guamán con documento de identificación N° 0944269398, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS DERIVAS DE PISO EN UNA EDIFICACIÓN DE HORMIGÓN ARMADO PARA LAS CIUDADES DE ESMERALDAS, AMBATO Y NUEVA LOJA”, 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, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 19 de agosto del año 2024

Atentamente,



---

Liliana Elena Vivanco López

0954198370



---

Megan Lisseth Asqui Guamán

0944269398

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Kevin Ricardo Proaño Viscarra con documento de identificación N° 1205363326, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS DERIVAS DE PISO EN UNA EDIFICACIÓN DE HORMIGÓN ARMADO PARA LAS CIUDADES DE ESMERALDAS, AMBATO Y NUEVA LOJA”, realizado por Liliana Elena Vivanco López con documento de identificación N° 0954198370 y Megan Lisseth Asqui Guamán con documento de identificación N° 0944269398, 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.

Guayaquil, 19 de agosto del año 2024

Atentamente,



---

Ing. Kevin Ricardo Proaño Viscarra, MSc.

1205363326

## DEDICATORIA

A Dios, por las bendiciones que me ha otorgado, por la fe que me ha permitido tener en mí misma y acompañarme en cada etapa de mi vida.

A mi Papá,

Este logro es tanto tuyo como mío. Desde pequeña, me enseñaste el valor del esfuerzo, la perseverancia y la honestidad. Me has enseñado a ser resiliente, a enfrentar los desafíos con valentía y a nunca rendirme, sin importar cuán difíciles sean las circunstancias. Siempre fuiste mi mayor ejemplo de dedicación. Nunca olvidaré los sacrificios que hiciste para que yo tuviera la oportunidad de estudiar y crecer.

A mi Mamá,

Gracias a tu amor, dedicación y apoyo incondicional. Tus palabras de aliento cuando más las necesitaba, y tu fe inquebrantable en mis capacidades me han dado la fuerza para seguir adelante, incluso cuando el camino se tornaba difícil. Siempre estuviste ahí, acompañándome en cada desvelo y ofreciéndome tu amor incondicional.

A mis hermanos, quienes han sido mi motivo de superación, cada uno de ustedes ayudó a mi crecimiento tanto personal como profesional.

Con todo mi amor, respeto y gratitud.

*Liliana Elena Vivanco López*

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico a Dios y a mis padres.

*Megan Lisseth Asqui Guamán*

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios que ha sido el que me dado sabiduría, paciencia y fortaleza para concluir esta hermosa etapa universitaria.

A mis padres, Milton y Gabriela, quienes con su amor incondicional y constante aliento me ha dado fortaleza para preservar en cada momento de este viaje. Su apoyo, tanto emocional como práctico, ha sido la base sobre la cual he construido este proyecto. Gracias por cada sacrificio y esfuerzo que han hecho por mí para poder llevar a cabo este tan esperado logro. Sin ustedes este logro no sería posible, son mi mayor inspiración.

A mi abuela Yanina y tía Yolanda, por estar ahí cuando más las necesitaba, siempre han estado cuando más las necesito y animándome con sus palabras correctas en el momento preciso. Cada uno de sus gestos, desde los más pequeños hasta los más grandes, motivándome a dar lo mejor de mí en todo lo que hago.

A mi novio, Adrián Bajaña, has sido mi compañero, mi cómplice en cada aventura y colega, agradezco a la vida por coincidir con una persona como tú. A lo largo de este viaje, tu amor y confianza en mí han sido invaluable. Gracias por impulsarme a ser mejor cada día, por compartir conmigo cada triunfo, por estar presente en cada desafío y desvelo.

A mis amigos y colegas, por sus valiosas sugerencias, su ayuda y porque las risas nunca faltaron. Gracias por cada anécdota que han hecho de este viaje algo memorable.

A mi compañera de Proyecto Técnico y amiga, Megan Asqui, gracias por tu confianza y dedicación, sin ti esto no sería lo mismo.

A mi tutor de Proyecto Técnico, Ing. Kevin Proaño, quien dirigió este trabajo de investigación, por su paciencia y por brindarnos sus valiosos conocimientos para dar como resultado la calidad de este trabajo.

Por último, pero no menos importante mi agradecimiento a mis profesores, su orientación y sus valiosos consejos han sido cruciales a lo largo de este viaje académico. Mi reconocimiento especial al Ing. Leonardo Echeverria, por su disposición a compartir su experiencia y sabiduría, cada sugerencia ha contribuido a inspirarnos para seguir aprendiendo cada día.

A la Universidad Politécnica Salesiana que me permitió adquirir conocimientos para trabajar en mi profesión y destacar en la sociedad.

Con sincero agradecimiento.

*Liliana Elena Vivanco López*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por brindarme perseverancia durante mi formación académica. A mis padres y abuelos por su amor incondicional. Además, quisiera agradecer a mi tutor, el Ing. Kevin Proaño por su orientación y apoyo constante que fueron fundamentales para el desarrollo de este Proyecto Técnico.

A mi amiga, Liliana Vivanco, con quien he compartido este trabajo, por su confianza y palabras de aliento.

Finalmente, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que estuvieron a mi lado en este hermoso viaje.

*Megan Lisseth Asqui Guamán*

## RESUMEN

Se realizó un análisis del comportamiento sísmico de diferentes modelos estructurales, siguiendo la normativa ecuatoriana de la construcción. En primer lugar, comprobamos que los resultados en cuanto a derivas se encontraban dentro de los límites establecidos por la normativa. Sin embargo, aunque estos resultados estuvieron dentro de los parámetros permisibles, los efectos torsionales en los primeros modos recomendaron un refuerzo estructural en ambas direcciones (X e Y). Estos efectos fueron atribuidos a la asimetría de la estructura. Lo que generó la necesidad de considerar medidas adicionales de refuerzo para mejorar la estabilidad de la estructura.

Según el análisis comparativo de los modelos con diferentes espectros sísmicos y parámetros para varios tipos de suelo, no se encontraron diferencias significativas con respecto al periodo de vibración ni a la comparación de masas entre estos modelos. Esta uniformidad en el comportamiento sísmico se debe a factores que influyen de manera predominante como lo es la geometría y al tipo de cargas asignadas a la estructura. Finalmente, los desplazamientos por otro lado de manera particular, en la ciudad de Esmeraldas se registraron desplazamientos verticales mayores. Este comportamiento fue asociado a las características del suelo en cada ubicación, que afectan directamente en la rigidez estructural, por lo tanto, en la respuesta de la edificación ante cargas sísmicas.

**PALABRAS CLAVE:** Deriva del piso, Desplazamientos, Análisis Comparativo.

## **ABSTRACT**

An analysis of the seismic behavior of different structural models was conducted, following Ecuadorian construction regulations. First, we verified that the results in terms of derivatives were within the limits established by the regulations. However, although these results were within the permissible parameters, the torsional effects in the first modes recommended a structural reinforcement in both directions (X and Y). These effects were attributed to the asymmetry of the structure, which generated the need to consider additional reinforcement measures to improve the stability of the structure.

According to the comparative analysis of the models with different seismic spectra and parameters for various types of soil, no significant differences were found with respect to the vibration period or the comparison of masses between these models. This uniformity in seismic behavior is due to factors that influence it, such as the geometry and the type of loads assigned to the structure. Finally, the displacements, on the other hand in the city of Esmeraldas, greater vertical displacements were recorded. This behavior was associated with the characteristics of the soil at each location, which directly affects the rigidity of the structure and, therefore, the response of the building to seismic loads.

**KEY WORDS:** Floor drift, Displacements, Comparative Analysis.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>25</b>
INTRODUCCIÓN .....	25
1.1. GENERALIDADES.....	25
1.2. PROBLEMA DE ESTUDIO .....	26
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	27
1.4. OBJETIVOS.....	29
<i>Objetivo general</i> .....	29
<i>Objetivos específicos</i> .....	29
1.5. MARCO HIPOTÉTICO .....	29
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>30</b>
MARCO TEÓRICO.....	30
2. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	30
<i>Filosofía Del Diseño Estructural</i> .....	31
<i>Métodos De Análisis Estructural</i> .....	31
2.1.1. Análisis Lineal De Una Estructura.....	34
2.1.2. Espectro De Respuesta De Aceleración .....	36
2.1.3. Espectro De Diseño Elástico .....	37
2.1.4. Zonificación Sísmica Del Ecuador .....	38
2.1.4.1. Factor De Zonificación Sísmica Z.....	38
<i>Perfil De Suelo</i> .....	40
<i>Tipos De Perfiles De Suelo</i> .....	40
<i>Coefficientes De Amplificación Del Suelo <math>F_a</math>, <math>F_d</math> Y <math>F_s</math></i> .....	41
<i>Razón Entre La Aceleración Espectral y el PGA. (H)</i> .....	42
<i>Elaboración Del Espectro Elástico De Diseño Sísmico En Aceleraciones Según La NEC</i> 43	
<i>Periodo Fundamental De Vibración (T)</i> .....	43
<i>Sistema Estructural</i> .....	43
<i>Factor De Reducción Sísmica (R)</i> .....	44
<i>Coefficiente De Importancia</i> .....	45
<i>Regularidad Estructural</i> .....	45
<i>Coefficiente De Regularidad</i> .....	45
<b>INFLUENCIA DE LA CONFIGURACIÓN SOBRE EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO.</b> 46	

<i>Problemas De Configuración Arquitectónica</i> .....	47
<i>CORTANTE BASAL</i> .....	53
2.2. DERIVAS DE PISO .....	53
<i>Obtención De Las Derivas De Piso</i> .....	54
<i>Limites Admisibles Para Derivas De Piso</i> .....	55
<i>Control De Deriva De Piso</i> .....	56
2.3. ANÁLISIS NO LINEAL DE UNA ESTRUCTURA.....	57
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>58</b>
METODOLOGÍA.....	58
3. <i>Marco Legal</i> .....	58
<b>PROCEDIMIENTO</b> .....	59
<i>PREDISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN HORMIGÓN</i> .....	60
<i>Recolección de Datos</i> .....	61
<i>Definición de las cargas</i> .....	64
<i>Predimensionamiento de Losa</i> .....	66
<i>Predimensionamiento de Vigas</i> .....	71
<i>Predimensionamiento de Columnas</i> .....	72
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>78</b>
4. DESARROLLO .....	78
4.1. ANÁLISIS ESTÁTICO LINEAL.....	78
<i>ESPECTRO DE DISEÑO EN ACELERACIÓN PARA HORMIGÓN</i> .....	91
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>94</b>
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	94
4.2. <i>Modelación en ETABS</i> .....	94
<i>MODELACIÓN TRIDIMENSIONAL ESTRUCTURAL</i> .....	95
<i>PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES</i> .....	97
<i>DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA</i> .....	98
<i>Propiedades en Vigas</i> .....	98
<i>Propiedades en Columnas</i> .....	102
<i>Propiedades en Losas</i> .....	106
<i>Definición de Cargas</i> .....	107
4.2.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	108

4.2.1.1. Descripción del proceso de Análisis estructural para la ciudad de Esmeraldas	
108	
Análisis Dinámico Lineal .....	112
CONTROL DE RESPUESTAS ESTRUCTURALES .....	114
4.2.1.2. Descripción del proceso de Análisis estructural para la ciudad de Ambato....	127
4.2.1.3. Descripción del proceso de Análisis estructural para la ciudad de Nueva Loja	
140	
<b>CAPÍTULO VI .....</b>	<b>153</b>
COMPARACIÓN DE RESULTADOS .....	153
<b>CAPÍTULO VII.....</b>	<b>161</b>
CONCLUSIONES .....	161
RECOMENDACIONES.....	163
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>164</b>
ANEXOS .....	166

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Diseño Basado en Fuerzas (DBF)</i> .....	33
<i>Ilustración 2. Método para obtener el Espectro de Respuesta</i> .....	34
<i>Ilustración 3. Espectro de Diseño Elástico</i> .....	37
<i>Ilustración 4. Mapa de Zonificación Sísmica del Ecuador</i> .....	39
<i>Ilustración 6. Edificación - Fachada Frontal</i> .....	60
<i>Ilustración 7. Vista en planta baja típica - Edificación</i> .....	61
<i>Ilustración 8. Ubicación de la edificación Ambato</i> .....	62
<i>Ilustración 9. Ubicación de edificación Esmeraldas</i> .....	62
<i>Ilustración 10. Ubicación de edificación Nueva Loja</i> .....	63
<i>Ilustración 11. Planta Baja</i> .....	66
<i>Ilustración 12. Tipos de Losas</i> .....	68
<i>Ilustración 13. Control de deflexiones</i> .....	68
<i>Ilustración 14. Valor de zona sísmica</i> .....	85
<i>Ilustración 15. Valor de z</i> .....	85
<i>Ilustración 16. Valor de Z de la población</i> .....	85
<i>Ilustración 17. Espectro elástico para las diferentes ciudades</i> .....	90
<i>Ilustración 18. Espectro elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño</i> .....	91
<i>Ilustración 19. Espectro Elástico de la ciudad de Esmeraldas</i> .....	92
<i>Ilustración 20. Espectro elástico de la ciudad de Ambato</i> .....	93
<i>Ilustración 21. Espectro elástico de la ciudad de Nueva Loja</i> .....	93
<i>Ilustración 22. Modelación malla de girds</i> .....	94
<i>Ilustración 23. Modelación de la estructura</i> .....	95
<i>Ilustración 24. Modelación tridimensional</i> .....	95
<i>Ilustración 25. Vista 3D de la estructura</i> .....	96

<i>Ilustración 26. Deformación por combi. cargas sísmicas .....</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 27. Hormigón.....</i>	<i>97</i>
<i>Ilustración 28. Resumen de vigas y columnas empleadas .....</i>	<i>98</i>
<i>Ilustración 29. Propiedades de vigas.....</i>	<i>99</i>
<i>Ilustración 30. Propiedades de Vigas .....</i>	<i>99</i>
<i>Ilustración 31. Vigas Longitudinales .....</i>	<i>100</i>
<i>Ilustración 32. Vigas Transversales.....</i>	<i>100</i>
<i>Ilustración 33. Vigas de Piso de Escalera .....</i>	<i>101</i>
<i>Ilustración 34. Vigas de soporte de la escalera.....</i>	<i>101</i>
<i>Ilustración 35. Vigas de Volado.....</i>	<i>102</i>
<i>Ilustración 36. Propiedades de las columnas .....</i>	<i>102</i>
<i>Ilustración 37. Propiedades de las columnas 40x40.....</i>	<i>103</i>
<i>Ilustración 38. Columnas 40x40 .....</i>	<i>103</i>
<i>Ilustración 39. Columna 35x40.....</i>	<i>104</i>
<i>Ilustración 40. Columna 30x35.....</i>	<i>104</i>
<i>Ilustración 41. Columna de soporte de escalera.....</i>	<i>105</i>
<i>Ilustración 42. Propiedades de Losa .....</i>	<i>106</i>
<i>Ilustración 43. Propiedades de losa escalera .....</i>	<i>107</i>
<i>Ilustración 44. Definición de Cargas.....</i>	<i>108</i>
<i>Ilustración 45. Espectro de diseño de la ciudad de Esmeraldas .....</i>	<i>110</i>
<i>Ilustración 46. Carga Sísmica en sentido Y.....</i>	<i>112</i>
<i>Ilustración 47. Carga Sísmica en sentido X.....</i>	<i>112</i>
<i>Ilustración 48. Sismo DX .....</i>	<i>113</i>
<i>Ilustración 49. Sismo DY .....</i>	<i>113</i>
<i>Ilustración 50. Periodos de Vibración.....</i>	<i>114</i>
<i>Ilustración 51. Resultado Primer Modo de Vibración.....</i>	<i>115</i>

<i>Ilustración 52. Segundo Periodo de Vibración.....</i>	<i>116</i>
<i>Ilustración 53. Tercer modo de vibración.....</i>	<i>116</i>
<i>Ilustración 54. Desplazamiento inelástico SX Esmeraldas.....</i>	<i>118</i>
<i>Ilustración 55. Desplazamiento Inelástico SY Esmeraldas.....</i>	<i>119</i>
<i>Ilustración 56. Desplazamientos Máximos Sismo Dx Esmeraldas .....</i>	<i>120</i>
<i>Ilustración 57. Desplazamientos Máximos Sismo Dy Esmeraldas .....</i>	<i>121</i>
<i>Ilustración 58. Deriva Máxima Sx Esmeraldas .....</i>	<i>122</i>
<i>Ilustración 59. Deriva máxima SY Esmeraldas .....</i>	<i>123</i>
<i>Ilustración 60. Deriva máxima Dx Esmeraldas.....</i>	<i>124</i>
<i>Ilustración 61. Deriva máxima DY Esmeraldas.....</i>	<i>125</i>
<i>Ilustración 62. Espectro de Diseño Ambato .....</i>	<i>127</i>
<i>Ilustración 63. Modo 1 de vibración Ambato .....</i>	<i>128</i>
<i>Ilustración 64. Modo 2 de vibración Ambato .....</i>	<i>129</i>
<i>Ilustración 65. Modo 3 de vibración Ambato .....</i>	<i>129</i>
<i>Ilustración 66. Desplazamientos Inelásticos SX Ambato.....</i>	<i>131</i>
<i>Ilustración 67. Desplazamientos Inelásticos SY Ambato.....</i>	<i>132</i>
<i>Ilustración 68. Desplazamientos Inelásticos DX Ambato.....</i>	<i>133</i>
<i>Ilustración 69. Desplazamientos Inelásticos DY Ambato .....</i>	<i>134</i>
<i>Ilustración 70. Deriva máxima SX Ambato.....</i>	<i>135</i>
<i>Ilustración 71. Deriva máxima SY Ambato.....</i>	<i>136</i>
<i>Ilustración 72. Deriva máxima Dx Ambato .....</i>	<i>137</i>
<i>Ilustración 73. Deriva máxima DY Ambato.....</i>	<i>138</i>
<i>Ilustración 74. Espectro de diseño Nueva Loja .....</i>	<i>140</i>
<i>Ilustración 75. Modo 1 de vibración Nueva Loja .....</i>	<i>141</i>
<i>Ilustración 76. Modo 2 de vibración Nueva Loja .....</i>	<i>142</i>
<i>Ilustración 77. Modo 3 de vibración Nueva Loja .....</i>	<i>142</i>

<i>Ilustración 78. Desplazamiento máximo SX Nueva Loja.....</i>	<i>144</i>
<i>Ilustración 79. Desplazamiento máximo SY Nueva Loja.....</i>	<i>145</i>
<i>Ilustración 80. Desplazamiento máximo DX Nueva Loja.....</i>	<i>146</i>
<i>Ilustración 81. Desplazamiento máximo Dy Nueva Loja.....</i>	<i>147</i>
<i>Ilustración 82. Deriva máxima SX Nueva Loja.....</i>	<i>148</i>
<i>Ilustración 83. Deriva máxima SY Nueva Loja.....</i>	<i>149</i>
<i>Ilustración 84. Deriva máxima DX Nueva Loja.....</i>	<i>150</i>
<i>Ilustración 85. Deriva máxima Dy Nueva Loja.....</i>	<i>151</i>
<i>Ilustración 86. Periodos de vibración de las ciudades Esmeraldas, Ambato y Nueva Loja.....</i>	<i>153</i>
<i>Ilustración 87. Comparación de participación modal.....</i>	<i>154</i>
<i>Ilustración 88. Desplazamientos estáticos en x, para las ciudades de Esmeraldas, Ambato y Nueva Loja.....</i>	<i>156</i>
<i>Ilustración 89. Desplazamientos dinámicos en x, de las ciudades de Esmeraldas, Ambato y Nueva Loja.....</i>	<i>157</i>
<i>Ilustración 90. Desplazamientos estáticos en y, de las ciudades de Esmeraldas, Ambato y Nueva Loja.....</i>	<i>157</i>
<i>Ilustración 91. Desplazamientos dinámicos en y, para las ciudades de Esmeraldas, Ambato y Nueva Loja.....</i>	<i>158</i>
<i>Ilustración 92. Periodo de vibración igual para todo los espectros.....</i>	<i>160</i>

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Valores del Factor de Zona Sísmica Z.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 2. Tipo de Perfil del Suelo .....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 3. Factores de Sitio Fa.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 4. Factores de Sitio Fd.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 5. Factores de Sitio Fs.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 6. Coeficiente R para sistemas estructurales.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 7. Coeficiente de irregularidad en elevación.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 8. Valores máximos para deriva inelástica.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 9. Derivas Inelásticas Máximas.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 10. Datos para el prediseño.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 11. Coordenadas edificación en Ambato.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 12. Coordenadas de la edificación Esmeraldas .....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 13. Coordenadas de edificación Nueva Loja.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 14. Definición de cargas.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 15. Predimensionamiento de Losa.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 16. Valor Hmin de la losa.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 17. Volumen de losa.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 18. Peso de Losa.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 19. Área tributaria de la columna .....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 20. Revisión de Inercias.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 21. Secciones de columnas.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 22. Columnas y Vigas .....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 23. Predimensionamiento de vigas y columnas .....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 24. Columnas 35x35 .....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 25. Columnas 40x40 .....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 26. Valores para Ct y <math>\alpha</math>.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 27. Configuraciones estructurales recomendadas.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 28. Configuraciones estructurales no recomendadas.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 29. Coeficiente de irregularidad en planta.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 30. Resumen de Centro de Masas.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 31. Rigideces en sentido X y/o Y.....</i>	<i>83</i>

<i>Tabla 32. Verificación de elevación.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 33. Tipo de uso, destino e importancia de la estructura.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 34. Resumen de Valor de Z de las ciudades escogidas.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 35. Valores de Amplificación Espectral .....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 36. Fa de la ciudad de Esmeraldas.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 37. Fd ciudad de Esmeraldas .....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 38. Fs ciudad de Esmeraldas.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 39. Fa Ambato .....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 40. Fd Ambato .....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 41. Fs Ambato.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 42. Fa Nueva Loja .....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 43. Fd Nueva Loja .....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 44. Fs Nueva Loja.....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 45. Secciones de Columnas, Vigas y losas.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 46. Carga sísmica para la ciudad de Esmeraldas .....</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 47. Control de periodos Esmeraldas .....</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 48. Participación Modal Ciudad Esmeraldas .....</i>	<i>117</i>
<i>Tabla 49. Revisión de torsión en Esmeraldas.....</i>	<i>117</i>
<i>Tabla 50. Desplazamientos inelásticos SX Esmeraldas.....</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 51. Desplazamientos Máx. y Min Esmeraldas.....</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 52. Desplazamientos Inelásticos SY Esmeraldas.....</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 53. Desplazamiento Máx. y Min. Esmeraldas.....</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 54. Desplazamiento Dirección Sismo Dx Esmeraldas.....</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 55. Desplazamientos Máx. y Min Esmeraldas.....</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 56. Desplazamientos Dirección Dy Esmeraldas.....</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 57. Resumen Desplazamientos Máx. y Min Esmeraldas.....</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 58. Derivas Inelásticas Esmeraldas.....</i>	<i>122</i>
<i>Tabla 59. Deriva Máxima SX Esmeraldas.....</i>	<i>122</i>
<i>Tabla 60. Deriva máxima SY Esmeraldas.....</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 61. Deriva Máxima Dx Esmeraldas.....</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 62. Deriva máxima DY Esmeraldas.....</i>	<i>125</i>
<i>Tabla 63. Cortante Basal Esmeraldas .....</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 64. Cortante Basal Estático Sentido X Y.....</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 65. Cortante Basal Dinámico Sentido X Y.....</i>	<i>126</i>

<i>Tabla 66. Cortante Basal Dinámico X</i> .....	126
<i>Tabla 67. Cortante basal dinámico y estático</i> .....	126
<i>Tabla 68. Periodo de vibración Ambato</i> .....	128
<i>Tabla 69. Participación Modal Ciudad Ambato</i> .....	130
<i>Tabla 70. Revisión Efecto torsional Ambato</i> .....	130
<i>Tabla 71. Desplazamientos Inelásticos SX Ambato</i> .....	131
<i>Tabla 72. Desplazamientos Máx. y Min. Sx Ambato</i> .....	131
<i>Tabla 73. Desplazamientos Inelásticos SY Ambato</i> .....	132
<i>Tabla 74. Desplazamientos Máx. y Min. SY Ambato</i> .....	132
<i>Tabla 75. Desplazamientos Inelásticos DX Ambato</i> .....	133
<i>Tabla 76. Desplazamientos Máx. y Min Dx Ambato</i> .....	133
<i>Tabla 77. Desplazamientos Inelásticos DY Ambato</i> .....	134
<i>Tabla 78. Desplazamientos Máx. y Min Dy Ambato</i> .....	134
<i>Tabla 79. Derivas Máximas Ambato</i> .....	135
<i>Tabla 80. Deriva Máxima SX Ambato</i> .....	135
<i>Tabla 81. Deriva máxima SY Ambato</i> .....	136
<i>Tabla 82. Deriva máxima Dx Ambato</i> .....	137
<i>Tabla 83. Deriva máxima DY Ambato</i> .....	138
<i>Tabla 84. Cortante Basal Ambato</i> .....	139
<i>Tabla 85. Cortante basal estático</i> .....	139
<i>Tabla 86. Cortante basal estático y dinámico</i> .....	139
<i>Tabla 87. Cortante basal dinámico X Y</i> .....	139
<i>Tabla 88. Cortante Dinámico y Estático Y</i> .....	139
<i>Tabla 89. Periodo de vibración Nueva Loja</i> .....	141
<i>Tabla 90. Participación Modal Nueva Loja</i> .....	143
<i>Tabla 91. Revisión torsional Nueva Loja</i> .....	143
<i>Tabla 92. Desplazamiento máximo SX Nueva Loja</i> .....	144
<i>Tabla 93. Desplazamiento Máx. y Min Nueva Loja</i> .....	144
<i>Tabla 94. Desplazamiento máximo SY Nueva Loja</i> .....	145
<i>Tabla 95. Desplazamientos Máx. y Min Nueva Loja</i> .....	145
<i>Tabla 96. Desplazamiento máximo DX Nueva Loja</i> .....	146
<i>Tabla 97. Desplazamientos Máx. y Min Nueva Loja</i> .....	146
<i>Tabla 98. Desplazamiento máximo Dy Nueva Loja</i> .....	147
<i>Tabla 99. Desplazamientos Máx. y Min Nueva Loja</i> .....	147

<i>Tabla 100. Derivas Máximas Nueva Loja.....</i>	<i>148</i>
<i>Tabla 101. Deriva máxima SX Nueva Loja.....</i>	<i>148</i>
<i>Tabla 102. Deriva máxima SY Nueva Loja.....</i>	<i>149</i>
<i>Tabla 103. Deriva máxima DX Nueva Loja.....</i>	<i>150</i>
<i>Tabla 104. Deriva máxima DY Nueva Loja.....</i>	<i>151</i>
<i>Tabla 105. Cortante basal Nueva Loja.....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 106. Cortante basal estático X Y.....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 107. Cortante basal dinámico y estático.....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 108. Cortante basal dinámico X Y.....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 109. Cortante basal dinámico y estático Y.....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 110. Comparación de Periodos de Vibración.....</i>	<i>153</i>
<i>Tabla 111. Participación modal de las ciudades Esmeraldas, Ambato y Nueva Lo.....</i>	<i>154</i>
<i>Tabla 112. Desplazamientos estáticos en x (cm).....</i>	<i>155</i>
<i>Tabla 113. Desplazamientos estáticos en y (cm).....</i>	<i>155</i>
<i>Tabla 114. Desplazamientos Dinámicos en x (cm).....</i>	<i>155</i>
<i>Tabla 115. Desplazamientos Dinámicos en y (cm).....</i>	<i>156</i>
<i>Tabla 116. Derivas en suelo Tipo C.....</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 117. Derivas en suelo Tipo D.....</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 118. Derivas en Suelo Tipo E.....</i>	<i>159</i>
<i>Tabla 119. Cantidades antes de corregir el cortante basal.....</i>	<i>159</i>
<i>Tabla 120. Corrección del cortante basal.....</i>	<i>159</i>

## SIMBOLOGÍA

**$\eta$** : Razón entre la aceleración espectral  $S_a$  ( $T = 0.1$  s) y el PGA (Peak Ground Acceleration) para el período de retorno seleccionado.

**Sa**: Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad  $g$ ). Depende del período o modo de vibración de la estructura.

**T**: Período fundamental de vibración de la estructura.

**Tc**: Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

**Z**: Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad  $g$ .

**r**: Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación del proyecto. (“NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN - NEC DISEÑO SISMO RESISTENTE”)

**Ct**: Coeficiente que varía según la tipología del edificio.

**hn**: Se mide desde la base y representa la altura máxima de la estructura de  $n$  niveles.

**T**: Periodo de vibración.

**S<sub>a</sub>(T<sub>a</sub>)**: Espectro de diseño en aceleración

**$\Phi_p$  y  $\Phi_E$** : Coeficientes de configuración en planta y elevación

**I**: Coeficiente de importancia

**R** : Factor de reducción de resistencia sísmica

**V**: Cortante basal total de diseño

**W**: Carga sísmica reactiva

**$T_a$** : Período de vibración

**$\Delta_M$** : Deriva máxima inelástica

**$\Delta_E$** : Desplazamiento calculado utilizando las fuerzas laterales de diseños reducidas.

**$R$** : Factor de reducción de resistencia

**$L_n$** : Longitud del claro libre mayor en cm.

**$a_m$** : Valor promedio de  $a$  para todas las vigas en los bordes de un tablero

**$\beta$** : Relación de claros libres, dirección larga a dirección corta

**$F_y$** : Esfuerzo de fluencia del acero en Kg/cm<sup>2</sup>

**$\phi_p$** : Coeficiente de regularidad en planta.

**$\phi_{PA}$** : Mínimo valor  $\phi_{pi}$  de cada piso  $i$  de la estructura en el caso de irregularidades tipo 1, 2 y/o 3.

**$\phi_{PB}$** : Mínimo valor  $\phi_{pi}$  de cada piso  $i$  de la estructura en el caso de irregularidades tipo 4.

**$\phi_{pi}$** : Coeficiente de configuración en planta

**$A_i$** : Área de cada piso

**$X_i - Y_i$** : Longitud desde el origen hasta el centro de gravedad de la figura

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1.GENERALIDADES

En Ecuador el sismo de magnitud 7,8 que se produjo el 16 de abril de 2016 y afectó principalmente a las provincias de Manabí y Esmeraldas, donde muchos edificios colapsaron o resultaron gravemente dañados. Este evento reveló problemas graves dentro de las prácticas de construcción e incumplimiento de las normativas sismorresistentes por la calidad deficiente de las construcciones. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Diciembre 2014)

El sismo de Chile de 2010 motivó, en el Ecuador, a un grupo de profesionales de la Ingeniería Sísmica a actualizar el Código Ecuatoriano de la Construcción, cuya versión anterior fue publicada en el 2010 y es así como a finales del 2011, aparece la nueva Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC-11, que responde al nivel de conocimientos actuales.

Para asegurar el normal funcionamiento de las estructuras sismorresistentes de nuestro país, la especificación ACI 318-14, junto con NEC 2015, estipula una serie de requisitos constructivos que deben cumplir las construcciones con estructura de hormigón armado para asegurar su correcto desempeño. Prepárese para posibles eventos sísmicos. Estos parámetros incluyen límites máximos y mínimos en la cantidad de acero en el refuerzo longitudinal y transversal de estos elementos, coeficientes del espectro de respuesta dinámica en función de la ubicación del edificio y el tipo de suelo, así como penalizaciones por irregularidades en la planta y la elevación del edificio.

## **1.2.PROBLEMA DE ESTUDIO**

Los eventos sísmicos revelan desplazamientos laterales sufridos en diferentes estructuras, lo que ha sido una guía para el análisis de valores máximos de derivas de piso, el parámetro debe implementar una investigación para dar respuesta a las nuevas necesidades que surgen en el campo. Es por esto por lo que la actual normativa de control máximo de deriva en nuestro país para el control de derivas máximas de entresijos se especifica en el capítulo sobre peligro sísmico de NEC-SE-DS.

El estudio del proyecto se enfoca en que en nuestro medio no solo se empleen sistemas a porticados para el diseño de edificaciones, sino también un sistema a porticado con muros confinados de M2 (panel de poliestireno) donde se aproveche la mampostería como elemento estructural. Por lo tanto, se puede utilizar este método para edificaciones destinadas a viviendas y evaluar su comportamiento ante un sismo si sobrepasan lo establecido en NEC-SE-DS.

En Ecuador, los análisis de la sismicidad histórica en comparación con los análisis instrumentales ofrecen información significativa sobre eventos sísmicos que ocurrieron durante largos períodos de tiempo, indicando la presencia de sismos significativos con efectos perjudiciales en las estructuras. Sin embargo, el Código de Diseño 1993 (CEC93) regulado por El INEN sigue vigente y fue el capítulo de diseño sísmico el que se actualizó en 1998-2000, por lo que se conoce como En el año 2001, constructores, profesionales, instituciones públicas y privadas, centros educativos y ciudadanos tendrán la oportunidad de participar en varios capítulos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC10), los cuales fueron presentados para su socialización por

parte del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda y la Cámara de la Construcción de Quito, el 19 de octubre.

Ecuador carece de normas técnicas que permitan el desarrollo del país. En la actualidad, los estándares internacionales se utilizan como guía para organizar y combatir los fenómenos naturales, pero estos estándares no se ajustan a nuestras circunstancias actuales. La Cámara de la Construcción de Quito es la encargada de coordinar el desarrollo de las normas de edificación ecuatorianas, las cuales son respaldadas por el gobierno nacional a través del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, el cual patrocina su creación a través de un convenio con nuestro gremio. Uno de los éxitos de NEC 2011 fue la creación de un nuevo sismograma para Ecuador, el cual calcula la aceleración en relación con la aceleración causada por la gravedad. Esto determina las áreas de mayor riesgo, lo que requiere la aplicación estricta de nuevas normas de construcción.

Las acciones sísmicas han causado desplazamientos laterales en diferentes estructuras, lo que ha llevado a investigar los valores máximos de las derivas entre pisos. Por lo tanto, en lo que respecta al control de derivas máximas entre pisos, estas regulaciones se especifican actualmente en el capítulo de riesgo sísmico del NEC-SE-DS para nuestro país.

### **1.3.JUSTIFICACIÓN**

Generalmente en muchos casos no se toma en cuenta el análisis dinámico de la estructura y todos sus requerimientos y condiciones, por lo que nuestro proyecto pretende comparar tres áreas

con cambios significativos en las características geotécnicas y sísmicas para garantizar el adecuado desempeño de la estructura elementos de un edificio.

La estructura será implantada en la región costa, sierra y oriente, en la costa se escogió la ciudad de Esmeraldas ubicada en la provincia de Esmeraldas, en la región sierra la ciudad de Ambato ubicada en la provincia de Tungurahua y en la región oriente la ciudad de Nueva Loja ubicada en la provincia de Sucumbíos, pertenecientes a la zona VI, V Y I en el mapa de zonificación sísmica del Ecuador, los perfiles de suelo que se va a emplear son el tipo C,D,E, que son perfiles de suelo bastante comunes en el Ecuador, el comportamiento sísmico de la edificación será evaluado a través del programa ETABS.

A través de este programa será evaluado el comportamiento sismorresistente para cada modelo estructural, mediante el método modal espectral para establecer las diferencias en cada caso de estudio, obteniendo los periodos de vibración y derivas elásticas, para los diferentes casos donde se implantará la edificación, aplicando los requisitos de la normativa NEC-15, así mismo, se realizará una comparación descriptiva de los resultados de valores de las derivas de piso obtenidas de las diferentes regiones antes mencionadas.

Con el fin de que nuestro proyecto pueda ser aplicado en construcciones de gran importancia como escuelas, hospitales y edificaciones de uso residencial para salvaguardar la seguridad de los ocupantes, es por ello por lo que nuestro proyecto de titulación está orientado a la comparación entre las diferentes regiones del Ecuador.

## **1.4.OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Análisis comparativo de las derivas de piso de una edificación de hormigón armado situada en las ciudades de Ambato, Esmeralda, Nueva Loja, mediante la evaluación de estudios de suelo y espectros de diseño específicos de cada región, para comprender las diferencias en su comportamiento estructural.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar las características sísmicas de una edificación de hormigón armados en las zonas de estudio, a través de estudios de suelos específicos, para establecer los espectros de diseño en base a la norma ecuatoriana de la construcción.
- Analizar las variaciones en las derivas piso de una edificación en función de la ubicación geográfica, utilizando modelos estructurales generados con programas de elementos finito, para evaluar las respuestas dinámicas de las estructuras.
- Realizar un análisis descriptivo de cada modelo estructural, mediante los resultados obtenidos en la investigación, para exponer las diferencias entre los casos de estudio en cada región.

## **1.5.MARCO HIPOTÉTICO**

¿Existen diferencias significativas en las derivas de piso de una edificación de hormigón armado cuando se somete a cargas sísmicas en las regiones Costa, Sierra y Oriente del Ecuador?

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Se realizó un análisis sísmico a una estructura la cual fue ubicada en tres zonas sísmicas diferentes con los resultados hizo la comparación, entre las zonas sísmicas empleadas fueron zona intermedia y zona sísmica alta, los perfiles de suelos utilizados en el trabajo fueron el tipo B se elaboró los espectros de respuesta teniendo presente todo lo especificado en la norma ecuatoriana de la construcción, el proyecto constaba del respectivo modelado estructural de la edificación de ocho niveles de hormigón armado además de los dos últimos niveles se obtuvo que la máxima deriva de piso que experimento la edificación se dio en San Lorenzo-San Lorenzo-Manta-Manabí está ubicada en la zona sísmica muy alta llegando al valor de 1,05% de desplazamiento lateral, presentado en el quinto piso, variando con un 57% en comparación a los resultados obtenidos la zona sísmica intermedia (Tinoco,2017).

Ecuador está expuesto a terremotos debido a su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacífico. Algunos de los terremotos más notables ocurrieron en Esmeraldas en 1906 ( $M_w = 8.8$ ), Ambato en 1949 ( $M_w = 6.8$ ), Bahía de Caráquez en 1998 ( $M_w = 7.2$ ) y el más reciente ocurrió en el cantón Pedernales, Manabí, el 16 de abril de 2016. En el transcurso de estas amenazas sísmicas, las estructuras sufren daños debido a que superan la deriva de piso permitida, la cual está establecida por la normativa sismorresistente de cada nación, en Ecuador se encuentra en los capítulos de la NEC-SE-DS.

## **Filosofía Del Diseño Estructural**

- Evitar el daño a los elementos estructurales y no estructurales contra terremotos pequeños y frecuentes que pueden ocurrir a lo largo de la vida útil del edificio.
- Controlar el daño estructural significativo y reduce el daño no estructural a terremotos moderados y raros durante la vida útil de una estructura.
- Asegure la integridad estructural y evite el colapso en casos de terremotos severos, incluso si no son posibles durante la vida útil del edificio, con el objetivo principal de mantener sus vidas que lo ocupan. (MIDUVI- CAMICON, 2014)

## **Métodos De Análisis Estructural**

El proceso sistemático de evaluación de la capacidad de un componente estructural para soportar desplazamientos, fuerzas y la ductilidad del propio material se conoce como análisis estructural. Esto se hace para garantizar la integridad de los componentes resistentes. Sin embargo, la Norma de Construcción Ecuatoriana (NEC 15) establece dos métodos de evaluación para estructuras sismorresistentes:

- Diseño Basado en Fuerzas (DBF), se debe diseñar la estructura para resistir fuerzas sísmicas provenientes de las combinaciones de las fuerzas horizontales actuantes. (MIDUVI- CAMICON, 2014, pág. 53)
- Diseño Directo Basado en Desplazamientos (DBD), está en función del desempeño esperado, nos permite tener mayor control en cuanto a comportamiento de las estructuras cuando está sujeta a cualquier tipo de cargas. (MIDUVI- CAMICON, 2014)

En el Diseño Basado en Fuerzas (DBF) propuesto por el NEC, existe una clasificación correspondiente al análisis estático, al análisis espectral dinámico y al análisis dinámico paso a paso, cada uno de los cuales analiza aspectos importantes que se deben tener en cuenta para un buen diseño sismorresistente; sin embargo, este proyecto se enfoca exclusivamente en el análisis dinámico espectral.

Como resultado, el espectro de diseño de la aceleración  $S_a(T)$  se obtiene de la PGA (aceleración sísmica máxima en el suelo). Parte 2 de NEC SE DS Seguridad Sísmica Todas las estructuras, excepto las completamente regulares, requieren métodos estático lineal y pseudo-dinámico.

### *Análisis Estático Lineal*

Las fuerzas sísmicas se representan como fuerzas horizontales que actúan en cada nivel de estructura en un análisis estático lineal. Esto se aplica principalmente a estructuras ordinarias de uso cotidiano e imita la influencia de los terremotos. (Manosalvas Katherine, 2017)

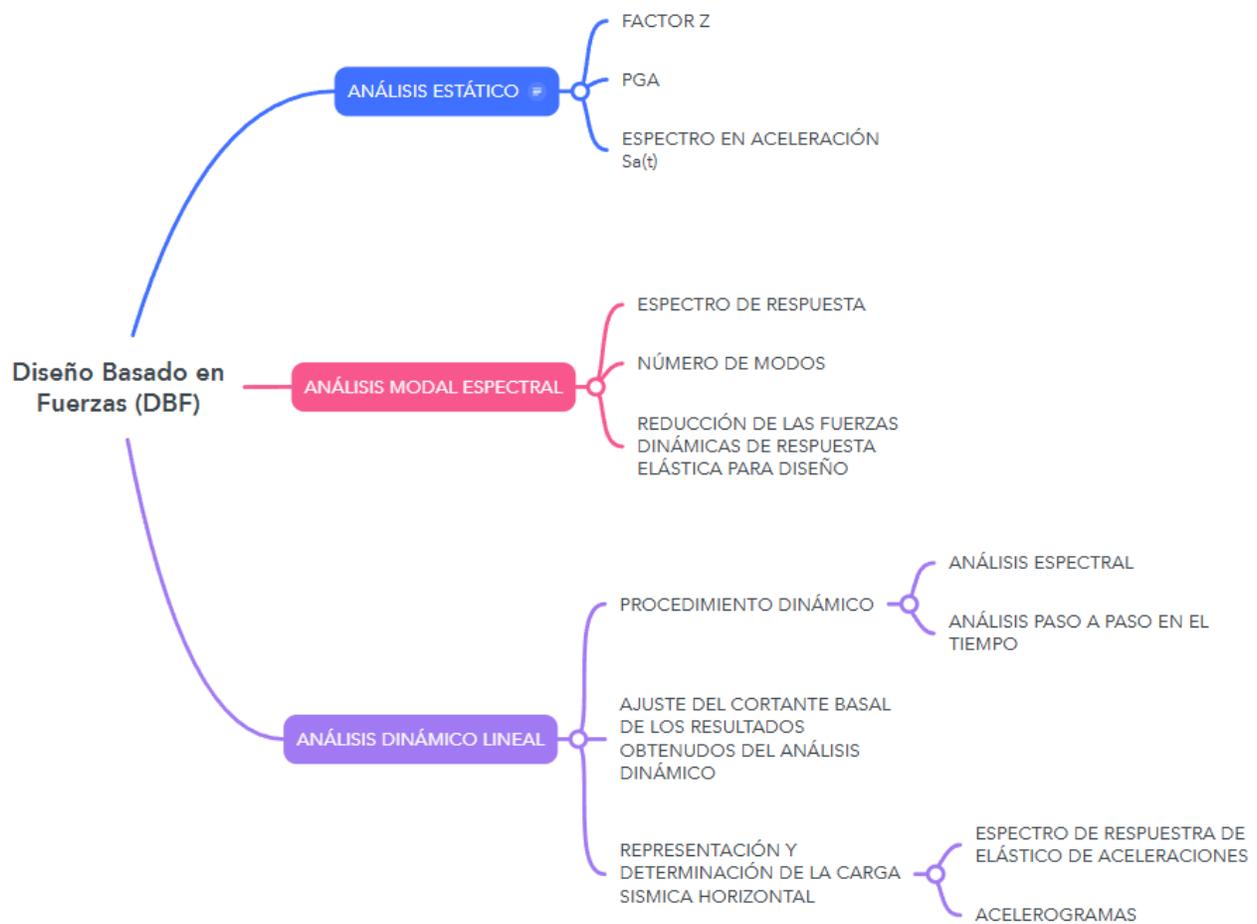
### **Procedimiento Estático**

Condiciones de aplicación: para todo tipo de estructura, se aplicará como mínimo el método estático. La PGA y el espectro en aceleración  $S_a(T)$  serán definidos por el factor  $Z$  definido anteriormente.

## *Análisis Dinámico Lineal*

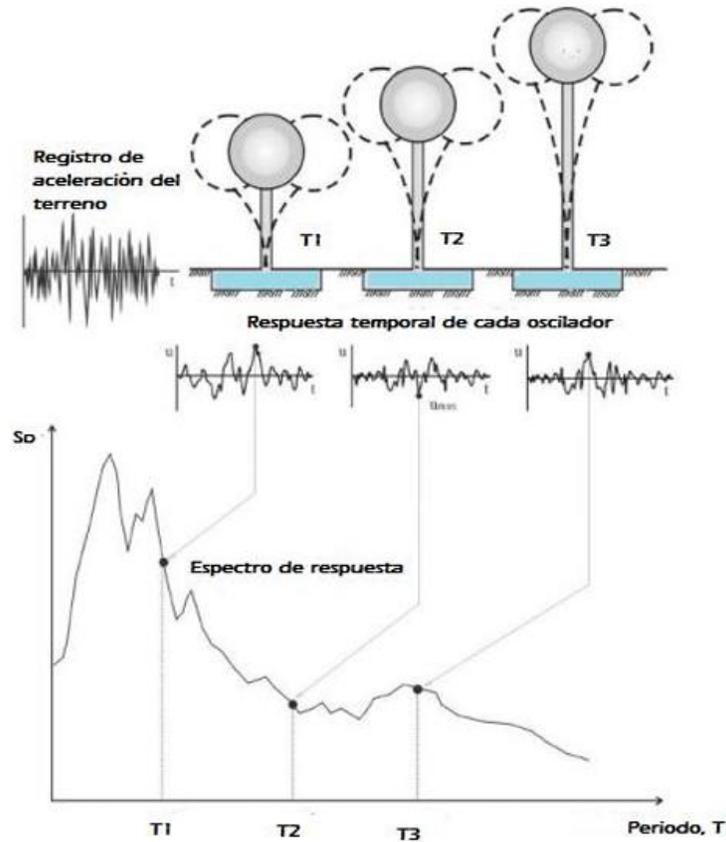
“El análisis dinámico lineal modela a las edificaciones como un sistema de múltiples Grados de Libertad mediante una matriz de rigidez elástica lineal. Donde la acción sísmica se modela empleando un análisis espectral modal o un análisis temporal.” (Cassano, 2009)

*Ilustración 1. Diseño Basado en Fuerzas (DBF)*



*Nota:* Diagrama elaborado por Autores explicando el procedimiento de Análisis Estático y Dinámico. Elaboración propia.

Ilustración 2. Método para obtener el Espectro de Respuesta



Nota: El gráfico representa los espectros de Respuesta de cada oscilador y de diseño. Fuente: (Crisafulli, 2002)

### 2.1.1. Análisis Lineal De Una Estructura

El examen del comportamiento de un edificio en respuesta a diversas solicitudes de carga se conoce como análisis sísmico. El propósito de realizar un análisis sísmico es identificar las fuerzas laterales a las que está sometido un edificio, con el fin de garantizar que el edificio cumpla con las especificaciones necesarias según las normas de diseño sismorresistentes y las normas de diseño estructural como ACI 318-19 y NEC -15.

En nuestro país se usa los parámetros dados por la NEC-15, y en el capítulo de Peligro Sísmico indica los métodos para el análisis sísmico de estructura:

- Análisis estático.
- Análisis dinámico: Puede ser:
  - Análisis dinámico espectral
  - Análisis dinámico paso a paso en el tiempo

El análisis lineal de edificios, que es un nuevo concepto introducido por nec-15, implica analizar los análisis estáticos y dinámicos basados en la gama lineal de materiales para determinar los desplazamientos provocados por las tensiones sísmicas. Ambos métodos deben utilizarse en el análisis y diseño estructural de cualquier edificio, al menos en principio. Estos análisis se resumen a continuación:

**Análisis Estático:** El análisis estático equivalente, también conocido como "corte base", utiliza una distribución triangular de cargas laterales como resultado del corte en la base de la estructura para simular los efectos de un terremoto. Se pueden obtener los desplazamientos y derivas de piso de cada piso a partir de esta distribución, que cumplen con los parámetros de comparación aceptables especificados en NEC-SE-DS. Una cosa para tener en cuenta es que solo se toma en cuenta el modo de vibración.

**Análisis Dinámico:** El objetivo de este análisis estructural es determinar las diferentes respuestas de un edificio a diferentes modos de vibración a las solicitudes de carga sísmica. Permite calcular las fuerzas laterales utilizando el espectro de aceleración del sismo de diseño.

La NEC-15 indica que el comportamiento inelástico de las estructuras consideradas de uso especial e importante debe verificarse para diferentes niveles de sismo. Para este análisis, se utiliza un análisis estático no lineal para verificar el desempeño sísmico.

### **2.1.2. Espectro De Respuesta De Aceleración**

El espectro de respuesta de aceleración es un gráfico que muestra la aceleración de vibración a la que la estructura responde durante un período de vibración determinado antes de la respuesta al sismo. Este valor se obtiene del registro de aceleración y se combina con las contribuciones de cada estado de vibración para representar la respuesta de la estructura.

Los códigos locales utilizan espectros de respuesta elástica estructural diseñados en función de las condiciones de peligro sísmico locales y las vibraciones estructurales periódicas. Esto se debe a que la relación entre fuerzas y deformaciones causadas en las estructuras durante los terremotos no siempre se comporta de manera lineal.

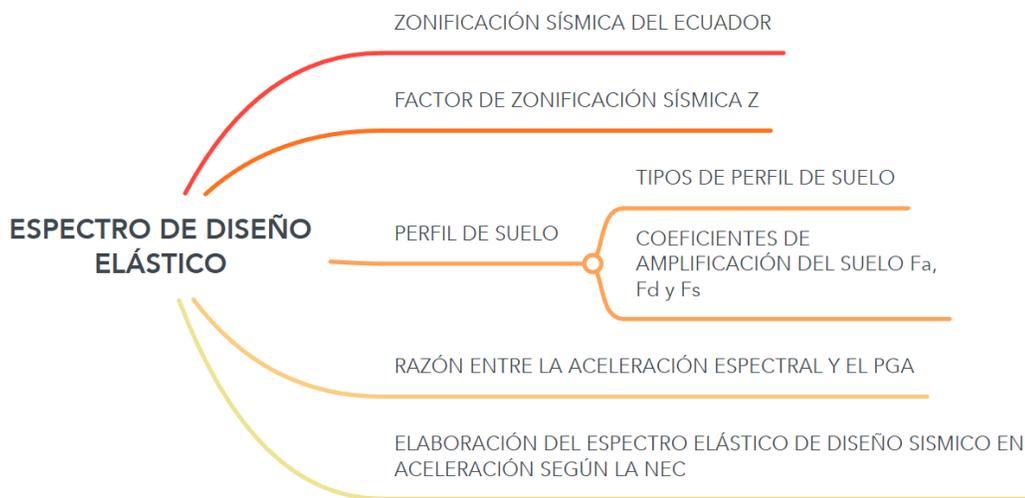
El uso del espectro de respuesta elástica para el análisis estructural significa que el edificio en estudio debe poder resistir la carga lateral provocada por un terremoto sin sufrir daño, que se considera muy costoso y no demasiado cómodo debido al tamaño de la parte de la parte del elemento estructural. Debido a esto, las regulaciones de terremotos resistentes sugieren el uso del espectro de diseño inelástico, que tiene en cuenta la tenacidad del sistema estructural utilizado en los edificios, y consideran la probabilidad de terremotos bajos con gran intensidad durante la vida útil de la estructura. Los factores de reducción de  $R$  son necesarios para el espectro inelástico.

### 2.1.3. Espectro De Diseño Elástico

La relación entre su periodo fundamental de vibración y la aceleración de respuesta de la estructura se conoce como espectro de diseño de aceleraciones. Este espectro refleja una secuencia o un grupo de movimiento de la superficie, que han sido detectados en el lugar durante sismos previos y debe cumplir con ciertas condiciones. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Diciembre 2014)

Se realizará el cálculo del espectro de diseño de acuerdo con las normas de la Norma Ecuatoriana de Construcción. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Diciembre 2014). Al generar el espectro, se tomará en cuenta lo siguiente:

Ilustración 3. Espectro de Diseño Elástico



*Nota:* Pasos a tomar en cuenta para llevar a cabo el espectro de diseño elástico.  
Elaboración propia.

#### **2.1.4. Zonificación Sísmica Del Ecuador**

La ubicación de Ecuador en la región árida de América la convierte en una zona sísmicamente activa, ya que la energía de la interacción entre la placa continental sudamericana y la placa noroeste de la placa de Nazca se acumula en la región, lo que resulta en terremotos. La subducción ocurre cuando la superficie oceánica del continente sudamericano es más delgada, lo que hace que se hunda debajo de la placa sudamericana más delgada. El Anillo de Fuego del Pacífico está formado por movimientos alrededor de las costas del Pacífico de América, las islas de Asia y Oceanía, que son conocidas por su alta actividad sísmica y volcánica.

“Todo el territorio ecuatoriano está catalogado como de amenaza sísmica alta, con excepción del nor-oriente que presenta una amenaza sísmica intermedia y del litoral ecuatoriano que presenta una amenaza sísmica muy alta” (MIDUVI- CAMICON, 2014, pág. 9)

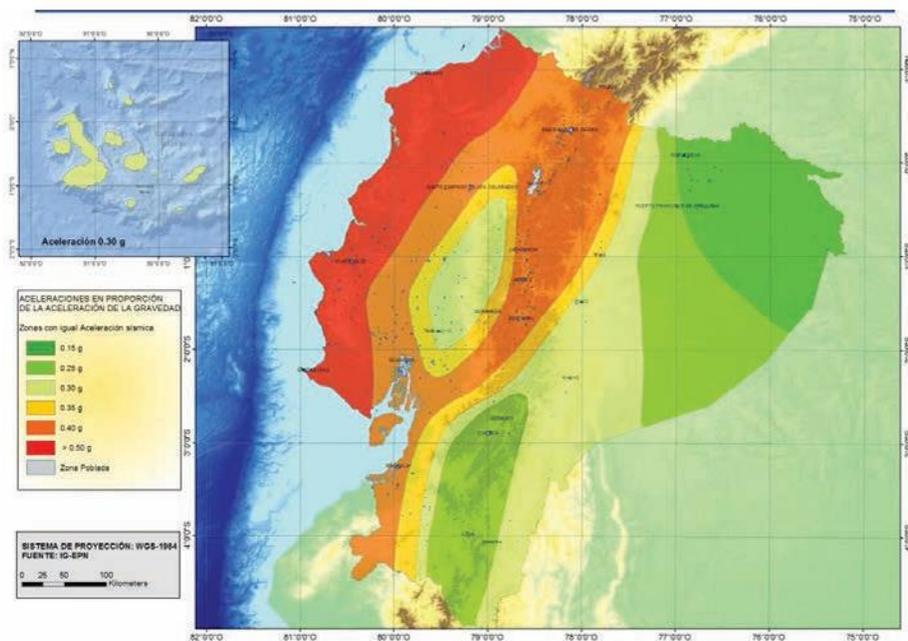
##### **2.1.4.1. Factor De Zonificación Sísmica Z**

Todo el suelo ecuatoriano está categorizado como una región de alto peligro sísmico, a excepción del nororiente que muestra un peligro sísmico intermedio, y el litoral ecuatoriano que presenta un nivel muy alto de peligro sísmico. Según los valores del factor de Z, al país lo integran seis zonas sísmicas, esta magnitud se expresa como una proporción de la aceleración debido a la gravedad. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Diciembre 2014)

El peligro sísmico en Ecuador varía según la geografía. Las zonas costeras profundas corren el riesgo de verse afectadas por terremotos que pueden ser especialmente dañinos, con

profundidades de hasta 60 km. La profundidad de la región amazónica hace que los terremotos sean menos fuertes, lo que da lugar a terremotos que suelen ser poco profundos, con profundidades de hasta 200 km. La sierra experimenta inestabilidad sísmica debido a la presencia de sistemas de fallas locales en la cordillera andina, lo que hace que estos terremotos sean altamente peligrosos. La norma de construcción ecuatoriana nec-15 proporciona un mapa de zonificación sísmica que describe las máximas aceleraciones posibles en las rocas para las regiones continentales e insulares de los Estados Unidos.

*Ilustración 4.* Mapa de Zonificación Sísmica del Ecuador



*Nota:* Mapa de zonificación sísmica del Ecuador obtenido de la NEC-15. Fuente: (MIDUVI-CAMICON, 2015)

Este mapa, que determina seis zonas sísmicas en Ecuador, se basa en un estudio de peligro sísmico con un 10% de probabilidad de excedencia en 50 años y un período de retorno de 475 años. El estudio incluye una saturación de 0.50g en los valores de aceleración sísmica en roca en el litoral ecuatoriano, caracterizando la zona VI. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Diciembre 2014)

Tabla 1. Valores del Factor de Zona Sísmica Z

Zona Sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.50$
Caracterización de Peligro Sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Nota: Valores de factores de zona sísmica Z del Ecuador definidas por la NEC-15. Fuente: NEC-SE-DE-Peligro Sísmico.

### Perfil De Suelo

Las propiedades geotectónicas de cada lugar ejercen una notable influencia en la estructura del suelo, la norma establece seis categorías distintas del suelo.

### Tipos De Perfiles De Suelo

Los criterios de clasificación consideran los primeros 30 metros del perfil para los tipos A y E. Si existen estratos claramente diferenciados, deben dividirse y numerarse con un subíndice desde 1 en la superficie hasta n en la parte inferior de estos 30 metros. Para el tipo F, se utilizan criterios distintos, y en casos donde el espesor del suelo es considerable, la respuesta no se limita a los primeros 30 metros.

Tabla 2. Tipo de Perfil del Suelo

Tipo de Perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ [m/s]
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 > V_s \geq 760$ [m/s]
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda	$760 > V_s \geq 360$ [m/s]
D	Perfiles de suelos rígidos	$360 > V_s \geq 180$ [m/s]

E	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3m de arcillas blandas	$V_s < 180$ [m/s]
F	Suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos, Turbas y arcillas orgánicas, Arcillas de muy alta plasticidad.	$IP > 75$

### **Coefficientes De Amplificación Del Suelo Fa, Fd Y Fs**

*Nota:* Valores de los diferentes tipos de perfil de suelo. Fuente: NEC-SE-DE-Peligro Sísmico (2015)

Para contrarrestar los daños que causa este fenómeno, la NEC contempla ciertos factores de amplificación del suelo.

### **Coefficiente de amplificación del suelo en la zona de período corto (Fa)**

Aumenta el valor de las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones, considerando los efectos de sitio.

*Tabla 3. Factores de Sitio Fa*

TIPO DE PERFIL DEI SUBSUELO	ZONA SÍSMICA Y FACTOR Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.50$
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Revisar norma NEC-SE-DS-Clasificación de los perfiles de suelo					

*Nota:* Valores para los diferentes tipos de perfil de suelo, Factores de Sitio Fa. Fuente: NEC-SE-DE-Peligro Sísmico (2015).

### **Coefficiente de amplificación del suelo (Fd)**

Coefficiente que incrementa las ordenadas del espectro de respuesta elástico de desplazamiento, considerando los efectos de sitio, para diseño en roca.

Tabla 4. Factores de Sitio  $F_d$

TIPO DE PERFIL DEI SUBSUELO	ZONA SÍSMICA Y FACTOR Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.50$
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Revisar norma NEC-SE-DS-Clasificación de los perfiles de suelo					

Nota: Valores para los diferentes tipos de perfil de suelo, Factores de Sitio  $F_d$ . Fuente: NEC-SE-DE-Peligro Sísmico (2015)

### Comportamiento no lineal del suelo ( $F_s$ )

El valor del coeficiente es dependiente de la velocidad de propagación de ondas en el suelo y que consideran el comportamiento no lineal de los suelos.

Tabla 5. Factores de Sitio  $F_s$

TIPO DE PERFIL DE SUBSUELO	ZONA SÍSMICA Y FACTOR Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.50$
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Revisar norma NEC-SE-DS-Clasificación de los perfiles de suelo					

Nota: Valores para los diferentes tipos de perfil de suelo, Factores de Sitio  $F_s$ . Fuente: NEC-SE-DE-Peligro Sísmico (2015)

### Razón Entre La Aceleración Espectral y el PGA. (H)

Exhibe la relación  $S_a/z$  en entornos rocosos, donde el valor de  $\eta$  cambia según la ubicación geográfica del país donde se construirá la edificación. A continuación, se presentan los valores correspondientes:

## **Elaboración Del Espectro Elástico De Diseño Sísmico En Aceleraciones Según La NEC**

La NEC-15 muestra herramientas que permiten crear un espectro elástico de diseño que se expresa como la respuesta elástica de aceleraciones ( $S_a$ ) como fracción de la aceleración de la gravedad para el tercer nivel de amenaza sísmica, conocido como sismo de diseño.

Los datos necesarios para la definición de  $r$  son:

$r$ : Componente utilizado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores varían según el lugar del proyecto.

- $r = 1$  para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E.
- $r = 1.5$  para tipo de suelo E.

## **Periodo Fundamental De Vibración (T)**

La normativa presenta dos metodologías para determinar el valor aproximado del periodo de vibración. Los valores derivados de estos métodos en un principio proporcionan una estimación razonable del periodo de la estructura, lo cual es esencial para calcular la fuerza producida por la actividad sísmica, la cual que afectará a la estructura del edificio. En este proyecto de técnico, se opta por emplear el método 1.

## **Sistema Estructural**

## Factor De Reducción Sísmica (R)

Este factor se utiliza en el cálculo del cortante basal y permite reducir las fuerzas sísmicas, siempre y cuando la estructura cumpla plenamente con todos los requisitos de resistencia sísmica.

Tabla 6. Coeficiente R para sistemas estructurales

<b>Sistema Duales</b>	<b>R</b>
Pórticos especiales sismorresistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadores (sistemas duales).	8
Pórticos especiales sismorresistentes de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadores (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadores (excéntricas o concéntricas).	8
Pórticos especiales sismorresistentes, de hormigón armado con vigas de banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadores.	7
<b>Pórticos resistentes a momentos</b>	
Pórticos especiales sismorresistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismorresistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8
<b>Otros sistemas estructurales para edificaciones</b>	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismorresistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

Nota: Factor de reducción sísmica R duales. Fuente: NEC-SE-DE-Peligro Sísmico (2015)

## Coefficiente De Importancia

El valor del coeficiente se lo establece considerando la categoría y el propósito de uso, destino e importancia de la estructura diseñada, en base a la tabla que se presenta a continuación:

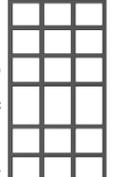
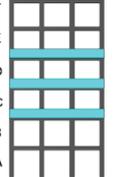
## Regularidad Estructural

En la (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Diciembre 2014) en su sección 5.2, se detallan las disposiciones de configuración estructural que son recomendadas y aquellas que no lo son.

## Coefficiente De Regularidad

Los coeficientes de regularidad desempeñan la función de fortalecer la estructura, lo que, a su vez, incrementa el valor del cortante basal. Este aumento en la capacidad de la resistencia de la edificación contribuye a mejorar su comportamiento ante la presencia de eventos sísmicos.

Tabla 7. Coeficiente de irregularidad en elevación

<p><b>Tipo 1 - Piso flexible</b>  <math>\phi_{ir}=0.9</math>  Rigidez <math>K_c &lt; 0.70</math> Rigidez <math>K_o</math>  <math>Rigidez &lt; 0.80 \frac{(K_o + K_{c1} + K_{c2})}{3}</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	
<p><b>Tipo 2 - Distribución de masa</b>  <math>\phi_{ir}=0.9</math>  <math>m_o &gt; 1.50 m_c</math> ó  <math>m_o &gt; 1.50 m_c</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>	
<p><b>Tipo 3 - Irregularidad geométrica</b>  <math>\phi_{ir}=0.9</math>  <math>a &gt; 1.3 b</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Nota: Coeficientes de irregularidad. Fuente: (MIDUVI, 2015)

## **INFLUENCIA DE LA CONFIGURACIÓN SOBRE EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO.**

### **Criterios de Estructuración:**

Es fundamental comprender bien este concepto porque en la práctica se dedica mucho tiempo al diseño de edificios mediante análisis y dimensionamiento, pero se presta poca atención a los aspectos de diseño conceptual y estructuración. Esto es extremadamente peligroso porque un edificio mal construido no puede responder adecuadamente a los sismos.

Por otro lado, los sismos en naciones como México, Estados Unidos y Japón han demostrado que los edificios bien diseñados y detallados, incluso si no han cumplido estrictamente con los reglamentos, han tenido un buen desempeño. Por lo tanto, en esta etapa debe haber una interacción entre los responsables de diseño arquitectónico y estructural. (Biblioteca UDEP, 2017)

- a) El edificio debe tener una disposición de elementos estructurales que le brinden resistencia y rigidez frente a cargas laterales. Esto se logra mediante la incorporación de sistemas resistentes en ambas direcciones ortogonales.
  
- b) La ubicación de los componentes estructurales debe permitir que las fuerzas sísmicas fluyan desde su origen (desde cualquier lugar donde exista una masa que produzca fuerzas de inercia) hasta el suelo de manera continua, ordenada y efectiva. Evite la amplificación de vibraciones, la concentración de esfuerzos y las vibraciones torsionales que pueden ocurrir debido a la distribución irregular de masas o rigideces en la planta o en la altura. Es preferible que la estructura sea sencilla, regular, simétrica y continua para lograrlo.

- c) Es importante que los sistemas estructurales tengan una cantidad excesiva de componentes y una habilidad para deformarse inelásticamente, lo que les permitirá liberar la energía generada por terremotos de gran magnitud. Esto se logra mediante el uso de un alto amortiguamiento inelástico y la prevención de fallas frágiles tanto a nivel nacional como internacional.

### **Problemas De Configuración Arquitectónica**

Las instalaciones hospitalarias, como hospitales, clínicas y centros médicos, suelen ser construcciones de gran tamaño y complejas debido a su naturaleza, lo que con frecuencia resulta en problemas complejos de configuración. La configuración es el resultado de la interacción entre el tipo, la disposición, la fragmentación, la resistencia y la geometría de la estructura del edificio, no como su forma física en abstracto. Estos problemas de respuesta estructural a sismos son el resultado de esta interacción.

Se puede afirmar, como se mencionó anteriormente, que los sismos castigan severamente el alejamiento de formas estructurales simples. Además, la mayoría de estos problemas no suelen ser cuantificados adecuadamente por los métodos de análisis sísmico-convencionales.

En cualquier caso, independientemente del grado de sofisticación que se pueda alcanzar en el análisis de cada caso, es recomendable evitar configuraciones arriesgadas debido a la naturaleza impredecible de los sismos y la posibilidad de que excedan el nivel de diseño previsto.

### **a) Configuración geométrica**

A continuación, se discutirán brevemente los principales problemas de configuración estructural que deben tenerse en cuenta tanto al diseñar un edificio nuevo como al evaluar uno existente para encontrar posibles anomalías. Se destacarán algunas formas desagradables que pueden aparecer.

#### **Problemas de configuración en planta:**

La disposición de la estructura en el plano horizontal y su relación con la forma y distribución del espacio arquitectónico son los problemas que se describen a continuación. Estas anomalías plantas deben evitarse porque pueden causar una respuesta sísmica desfavorable. La asimetría de la planta, que tiende a causar vibraciones torsionales en el edificio, es un factor para tener en cuenta. Las formas asimétricas deben evitarse para evitar estas vibraciones.

En caso de que el edificio sea demasiado largo, se recomienda dividir la estructura en bloques mediante la intersección de juntas, lo que hace que cada bloque sea más corto y fácil de manejar.

#### **Concentración de esfuerzos en planta:**

El problema surge cuando hay plantas complejas, lo cual es común en hospitales. Se refiere a una planta en la que la línea de unión de dos puntos suficientemente distantes está en gran parte fuera de la planta. Esto ocurre cuando las plantas tienen alas de gran tamaño orientadas en diferentes direcciones (formas en H, V, U, L, etc.).

En ellas, cada ala puede asimilarse a un voladizo empotrado en la parte restante del edificio. Se producirán en esta zona de transición grandes esfuerzos que se traducen en daños en la estructura vertical, en los elementos no estructurales e inclusive en la losa de entrepiso.

**Longitud:**

La respuesta estructural de un edificio está influenciada por su longitud. Por tanto, esto se debe a que las ondas que transmiten el movimiento del terreno dependen de las características de masa.

La excitación de un edificio en un momento dado puede ser diferente de la excitación en otro momento; esto es más evidente en edificios de mayor duración. Debido a la mayor diferencia entre los movimientos transversales y longitudinales del suelo de apoyo, estos edificios también son más sensibles a los componentes torsionales de los movimientos.

**Problemas de configuración en elevación:**

Debido a requisitos urbanísticos como proporción, iluminación y modernidad, muchos diseños arquitectónicos incluyen volúmenes escalonados en sus edificios. Sin embargo, desde un punto de vista sísmico, estos diseños pueden causar cambios abruptos en masa y rigidez, lo que resulta en una concentración de esfuerzos en los pisos cercanos a estos cambios abruptos.

**b) Configuración estructural****Concentraciones en masa:**

Este problema se debe a la alta concentración de masa en una zona específica de la estructura debido a elementos pesados como equipos, archivos, bodegas o tanques. Si esta concentración se encuentra en una parte alta del edificio, la situación empeora porque las aceleraciones inducidas por el suelo aumentan con la altura. Esto aumenta la fuerza sísmica y el riesgo de vuelcos.

Algunos expertos sugieren que, en lugar de adosarlas al edificio principal, se construyan torres de almacenamiento de aguas independientes.

### **Columnas Débiles:**

Para evitar el colapso de la estructura, el diseño sísmico de un edificio con pórticos busca que la falla se produzca primero en las vigas y luego en las columnas. Sin embargo, la historia demuestra que muchos edificios han fallado por esta razón. Los siguientes factores son responsables de estas fallas:

- a. Columnas con una resistencia menor que las vigas
- b. Columnas cortas.
- c. Confinamiento lateral parcial en la altura de la columna debido a la presencia de muros de contención, muros divisorios, muros de fachada, etc.
- d. Las losas se colocan en niveles intermedios.
- e. El lugar donde se encuentra el edificio en un terreno inclinado.

### **c) Pisos débiles:**

Los esquemas usuales son.

- a. Mayor altura de piso.
- b. Interrupción de elementos estructurales verticales en el piso (columnas, placas, tabiques).
- c. Construcción sobre terrenos inclinados.

**d) Falta de redundancia:**

Para los sismos más intensos, el diseño estructural sismorresistente tiene en cuenta la posibilidad de daño de los elementos. Según esta perspectiva, es importante que el diseño de la estructura tenga en cuenta que su resistencia a los terremotos no se base en una pequeña cantidad de componentes, ya que la falla de estos puede provocar el colapso total o parcial del edificio en los momentos posteriores al terremoto. (CAPITULO 5 VULNERABILIDAD SÍSMICA)

Es importante que se intente distribuir la resistencia a las fuerzas sísmicas entre la mayor cantidad de componentes posible.

**e) Flexibilidad estructural:**

Es la propensión para sufrir deformaciones laterales significativas entre pisos. Las principales causas son la distancia entre los elementos de soporte (lucos) y sus alturas libres y su rigidez. La flexibilidad tiene las siguientes consecuencias:

- a. Daños en los elementos no-estructurales adosados a niveles contiguos.
- b. Inestabilidad de los pisos flexibles o del edificio en general.

**f) Flexibilidad del diafragma:**

Las deformaciones laterales mayores son perjudiciales para los elementos no estructurales debido al comportamiento flexible del diafragma de piso. En segundo lugar, se producirá un mayor trabajo en algunos elementos que en otros si el trabajo de ensamblaje de los elementos verticales con el diafragma se realiza de manera ineficaz. Este tipo de comportamiento flexible se da por las siguientes razones:

- a. Flexibilidad del material del diafragma.
- b. La conexión entre las formas del diafragma Las deformaciones laterales aumentan con las relaciones largo/ancho del diafragma o de un sector suyo. Los diafragmas con relaciones de aspecto superiores a cinco se consideran generalmente flexibles.
- c. Rigidez de la estructura vertical. Al evaluar la flexibilidad del diafragma, también debe tenerse en cuenta la distribución en planta de la rigidez de la estructura vertical. Se espera que un diafragma funcione de manera más efectiva si se alarga, pero todos sus componentes verticales tienen la misma rigidez.
- d. Orificios en el diafragma. cuando se realizan aberturas de gran tamaño para una variedad de razones, como iluminación, ventilación, etc. El diafragma tiene áreas flexibles que impiden la unión rígida de las estructuras verticales.

**g) Torsión:**

La excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez provoca la torsión. Los siguientes son los casos más comunes que pueden causar este problema en la planta:

- a. Colección asimétrica de grandes masas con respecto a la rigidez.
- b. Posición asimétrica de la estructura más rígida en relación con el centro de gravedad del piso.
- c. Combinación de las dos combinaciones anteriores.

## **CORTANTE BASAL**

El cortante basal es el resultado de la acumulación de todas las fuerzas horizontales ejercidas en la base de la estructura como resultado de la actividad sísmica. Estas fuerzas pueden aplicarse a la edificación en una dirección específica con o sin reducción, según las especificaciones.

$$V = \frac{I S_a(T_a)}{R \phi_p \phi_E} * W$$

### **2.2.Derivas De Piso**

Varios factores, como la rigidez y resistencia de la estructura, la ubicación e intensidad del evento sísmico y las características del suelo, afectan a magnitud de las derivas de piso. Estas derivas generalmente se expresan como un porcentaje de la altura total de la estructura. Para garantizar la seguridad de los ocupantes y la integridad del edificio. Los terremotos recientes han puesto a prueba la ingeniería civil, mostrando el colapso de estructuras y graves daños, lo que demuestra el impacto de los desplazamientos laterales en las estructuras.

Estos sucesos han provocado una mayor actividad en la ciencia de la ingeniería civil y han llevado a cambios en los cálculos de derivas de piso, principios que se utilizan para mejorar el comportamiento estructural tanto a nivel estructural como no estructural. Como resultado, varios códigos de construcción se han actualizado en todo el mundo para adaptarse a las derivas. Es importante destacar que el cumplimiento de las normas no garantiza una seguridad total ni previene daños severos, ya que las normas se basan en investigaciones de terremotos pasados y están en constante actualización debido a la impredecibilidad y la intensidad de los eventos sísmicos. Varios

estudios han demostrado que la ductilidad y la redundancia son esenciales para prevenir el colapso estructural.

No obstante, existen diferentes consideraciones específicas para cada región del Ecuador:

- Debido a la ocurrencia de sismos superficiales y la amplificación sísmica en suelos blandos, las edificaciones en la región Costa pueden experimentar mayores derivas de piso.
- La presencia de fallas locales y la actividad tectónica pueden afectar las derivas de piso en la región Sierra, especialmente en áreas cercanas a la cordillera Andina.
- Debido a la menor actividad sísmica en la región Oriente, las derivas de piso pueden ser menores en comparación con las otras dos regiones, pero todavía deben tenerse en cuenta en el diseño estructural.

### **Obtención De Las Derivas De Piso**

Es importante recordar que la definición de "deriva de piso" según NEC-SE-DS (Peligro Sísmico) es "el desplazamiento lateral relativo de un piso - especialmente por la acción de una fuerza horizontal - con respecto al piso siguiente, medido en dos puntos ubicados en la misma línea vertical de la estructura." (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Diciembre 2014)

La deriva es un parámetro que se usa con frecuencia en el diseño e inspección de edificios, por lo que la NEC establece cumplir con un control de deformaciones.

## Limites Admisibles Para Derivas De Piso

La distorsión lateral relativa causada por una fuerza horizontal entre dos pisos consecutivos y dividida por la altura del entrepiso se conoce como "deriva de piso". En el control de las derivas, se requiere una evaluación de las deformaciones mediante el cálculo de las máximas derivas inelásticas por nivel, teniendo en cuenta las secciones que han sufrido grietas. (Manosalvas Katherine, 2017)

El cálculo de las derivas se define mediante la siguiente ecuación y debe estar de acorde a los limites estipulados de la tabla.

$$\Delta_M = 0.75R\Delta_E$$

La deriva máxima en cualquier situación no debe superar los límites especificados en la siguiente tabla, donde la deriva se muestra como un porcentaje de la altura del piso:

Tabla 8. Valores máximos para deriva inelástica

Estructuras de:	$\Delta_M$ máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera.	0.02
De mampostería.	0.01

Nota: Valores máximos para las derivas. Fuente: (MIDUVI,2015)

Existen varias expresiones y exigencias utilizadas para el cálculo de las derivas de pisos en los países vecinos, donde el factor R es considerado para pórticos especiales sismo resistente, de hormigón armado con vigas descolgadas (Manosalvas Katherine, 2017).

Tabla 9. Derivas Inelásticas Máximas

País	Norma	Factor "R"	Tipo de Espectro	Deriva de piso máxima	Tipo de análisis	Deriva Máxima Inelástica
Ecuador	NEC-15	8	Servicio	0,020	Inelástico	$0,75 R \Delta_E$
Perú	E.030	8	Servicio	0.007	Inelástico	$0,75 R \Delta_E$
Colombia	NSR-10	5	Último	0,010	Inelástico	$R \Delta_E$
Venezuela	COVENIN	6	Último	0,018	Inelástico	$8 R \Delta_E$
Chile	NCh 433-96	11	Servicio	0,001	Elástico	-

Nota: Derivas inelásticas máximas. Fuente: Aguiar (2008)

### Control De Deriva De Piso

La respuesta de una estructura a cargas y deformaciones depende de componentes críticos como vigas, columnas y paredes, especialmente cuando el concreto se agrieta bajo cargas de servicio. Puede haber imprecisiones en la determinación de las fuerzas sísmicas si no se considera la rigidez agrietada de estos componentes al calcular los períodos elásticos en un análisis sísmico modal. Aunque la respuesta de la estructura puede estar dentro del rango lineal, esta rigidez agrietada es esencial para obtener resultados precisos en el análisis sísmico.

Como resultado, la sección 6.3.9 de la NEC-SE-DS (Peligro Sísmico) establece que se debe realizar una inspección de deformaciones para controlar la deriva del piso. Esta inspección debe calcular las derivas inelásticas máximas del piso. Estos valores máximos deben calcularse considerando que el diseñador utilizará secciones con grietas.

Finalmente, NEC-SE-DS ayudará a lograr estos valores al presentar una disminución del 25 % en el cálculo de derivas. Además, se puede inferir que la NEC es más tolerante en el cumplimiento

para el control de deformaciones si se compara con las exigencias de derivas inelásticas máximas de las normas de países vecinos. (Manosalvas Katherine, 2017)

### **2.3.Análisis No Lineal De Una Estructura**

Debido a que este método se basa en una relación proporcional entre esfuerzo y deformación para determinar la respuesta estructural, es común utilizar un análisis lineal para evaluar estructuras. Sin embargo, debido a que este método se limita al rango elástico de los materiales, puede resultar en elementos estructurales sobredimensionados.

El factor que distingue el análisis lineal del no lineal es la rigidez de la estructura. La capacidad de un elemento estructural para soportar deformaciones elásticas se conoce como su rigidez. Esta rigidez puede verse afectada por la geometría, el material y el tipo de apoyo del elemento.

Según la hipótesis del análisis lineal de una estructura, al mantenerse en el rango lineal de la curva de deformación del esfuerzo, que se considera rigidez constante, se supone que los elementos no cambiarán las propiedades del material del cual están conformados. Sin embargo, la hipótesis de análisis no lineal de una estructura tiene en cuenta la variación de la rigidez de los elementos estructurales durante la deformación más allá del rango elástico.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3. Marco Legal

Este proyecto se desarrollará orientada a los siguientes códigos:

**Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15):** Este proyecto se desarrollará de acuerdo con los lineamientos establecidos en la NEC-15, abarcando varios capítulos específicos relacionados con el diseño y control de estructuras. Los capítulos más relevantes incluyen:

- **NEC-SE-HM:** Relacionado con las estructuras de hormigón armado.
- **NEC-SE-DS:** Cubre aspectos del peligro sísmico.
- **NEC-SE-CG:** Se refiere a las cargas no sísmicas.
- **NEC-SE-MP:** Concierno a la mampostería estructural.

**American Concrete Institute (ACI-318-14):** Se empleará como referencia para validar parámetros de prediseño y controlar los límites de derivas, conforme a los estándares internacionales.

En estos capítulos se emplearán criterios específicos para establecer las cargas sísmicas y no sísmicas, así como para realizar análisis estáticos y dinámicos, y controlar las derivas durante la modelación. Además, el ACI-318-14 se utilizará como referencia para verificar los parámetros de prediseño y los límites aplicables al control de derivas.

## **Procedimiento**

El desarrollo de la metodología del presente proyecto será de la siguiente manera:

- Recopilación de datos: Se iniciará el proyecto obteniendo los planos estructurales y arquitectónicos para entender la distribución geométrica de una edificación residencial de 4 pisos.
- Análisis de ubicación y resistencia: Se evaluará la ubicación de la edificación para determinar su resistencia y otras características relevantes.
- Se calcularán las cargas gravitacionales que actuarán sobre la estructura, siguiendo los criterios establecidos en la normativa.
- Se desarrollará el espectro de respuesta para las ubicaciones específicas donde se analizará la edificación dependiendo del tipo de suelo independiente.
- La edificación será modelada utilizando el software ETABS, considerando las propiedades mecánicas de los materiales y las cargas previamente definidas.
- Se introducirán en el programa ETABS las combinaciones de carga especificadas en la NEC-SE-DS para un análisis estructural completo.
- Se llevará a cabo el análisis utilizando ETABS, para obtener los periodos de vibración, cortante basal y derivas de piso de la estructura.
- Se validarán los resultados generados por el programa y se realizará una comparación de las 3 diferentes ubicaciones para las diferencias entre ellas.

## PREDISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN HORMIGÓN

### Descripción del Proyecto:

Se tiene una edificación de 4 pisos destinada para uso residencial multifamiliar, proyectada para 3 diferentes poblaciones: Esmeraldas ubicada en la provincia de Esmeraldas, Ambato ubicada en la provincia de Tungurahua y Nueva Loja ubicada en la provincia de Sucumbíos respectivamente, con una altura de entre piso de 3 m. Se realizará un análisis sísmico estático, considerando un suelo de perfil Tipo C, D y E. Dichas ubicaciones tendrán un sistema estructural a porticado.

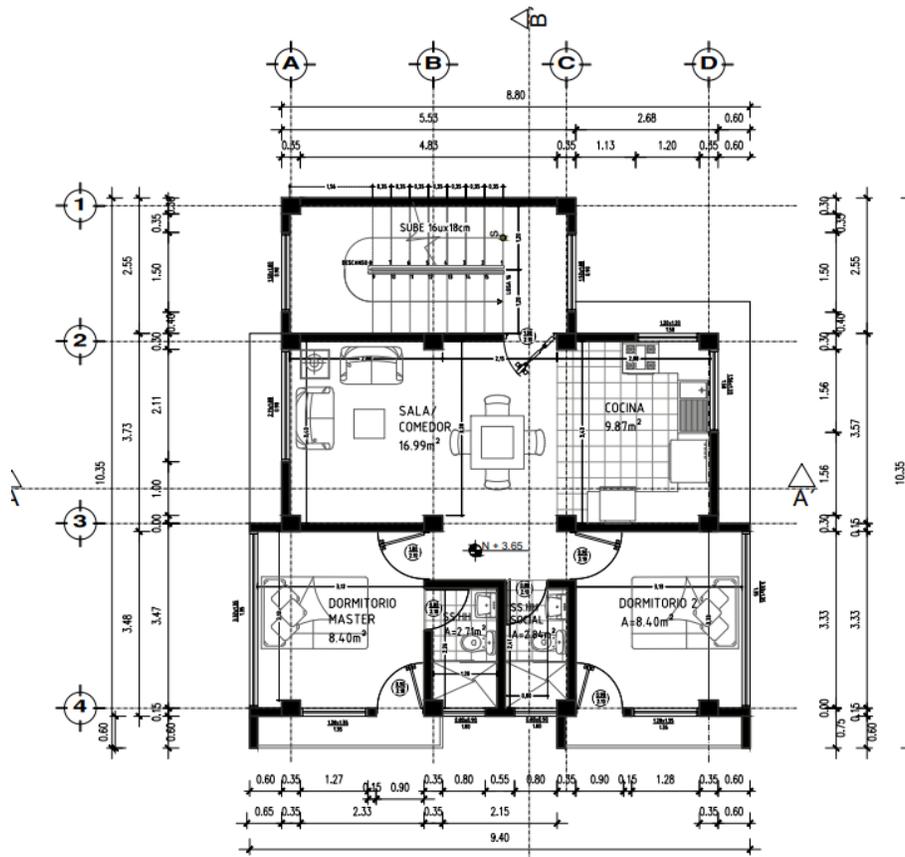
Tabla 10. Datos para el prediseño

<b>Resistencia a la compresión del concreto</b>	<b><math>F'c = 210 \text{ kg/cm}^2</math></b>
<b>Módulo de Elasticidad del concreto</b>	<b><math>E_c = 14100 \sqrt{F'c} \text{ kg/cm}^2</math></b>
<b>Coefficiente de Poisson de concreto</b>	<b><math>\nu_c=0.2</math></b>

Ilustración 5. Edificación - Fachada Frontal.



Ilustración 6. Vista en planta baja típica - Edificación.



### Recolección de Datos

La edificación está ubicada en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, parroquia Ambato.

Tabla 11. Coordenadas edificación en Ambato

Punto	Coordenadas	
	Sur	Oeste
1	1°16'18.53"S	78°38'13.90"O
2	1°16'19.03"S	78°38'13.71"O
3	1°16'19.24"S	78°38'14.44"O
4	1°16'18.89"S	78°38'14.61"O

*Ilustración 7. Ubicación de la edificación Ambato.*



*Nota:* Puntos y coordenadas exactas de la ubicación en Ambato. Fuente: Google Earth.

La edificación está ubicada en la provincia de Esmeraldas, ciudad Esmeraldas barrio las palmas.

*Tabla 12. Coordenadas de la edificación Esmeraldas*

Punto	Coordenadas	
	Norte	Oeste
1	0°59'21.12"N	79°39'35.23"O
2	0°59'21.06"N	79°39'34.71"O
3	0°59'20.35"N	79°39'34.73"O
4	0°59'20.59"N	79°39'35.31"O

*Ilustración 8. Ubicación de edificación Esmeraldas.*



*Nota:* Puntos y coordenadas exactas de la ubicación en Esmeraldas. Fuente: Google Earth

La edificación está ubicada en la provincia de Sucumbíos, ciudad Nueva Loja sector Lago Agrio.

Tabla 13. Coordenadas de edificación Nueva Loja.

Punto	Coordenadas	
	Norte	Oeste
1	0° 4'37.84"N	76°53'32.54"O
2	0° 4'37.86"N	76°53'31.54"O
3	0° 4'37.21"N	76°53'31.52"O
4	0° 4'37.15"N	76°53'32.54"O

Ilustración 9. Ubicación de edificación Nueva Loja.



Nota: Puntos y coordenadas exactas de la ubicación en Nueva Loja.  
Fuente: Google Earth

## **Definición de las cargas**

El proceso para definir las cargas consiste en identificar, cuantificar y aplicar todas las fuerzas externas e internas que la estructura deberá soportar a lo largo de su vida útil.

## **Identificación de Tipos de Carga**

### **Cargas Muertas (G):**

Estas incluyen el peso propio de la estructura y los elementos permanentemente fijos. Se calculan utilizando los pesos unitarios de los materiales y las dimensiones de los componentes estructurales.

### **Cargas Vivas (Q):**

Se refieren a las cargas móviles o variables, como personas, mobiliario, vehículos y nieve, entre otros. Estas se determinan según las normativas vigentes y el uso previsto de la estructura.

### **Cargas Ambientales:**

Aquí se incluyen las cargas de viento (W) y sismo (E), que varían según la ubicación geográfica, la altura y forma del edificio, así como las características del suelo.

### **Otras Cargas:**

Se consideran cargas de duración limitada, como las que ocurren durante la construcción, las de impacto, y cargas especiales como las térmicas o las derivadas del asentamiento.

En este trabajo, se han considerado cargas vivas, cargas muertas y cargas ambientales (cargas sísmicas). Los cálculos correspondientes se realizaron utilizando tablas de la NEC-SC-CG para las cargas vivas y la NEC-SE-DS para el cálculo de las cargas sísmicas y el cortante basal.

## DETERMINACIÓN DE CARGAS

Tabla 14. Definición de cargas

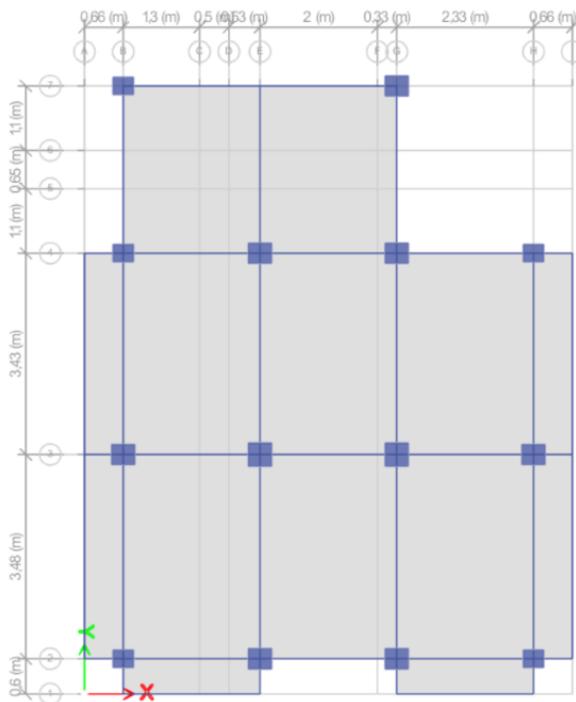
PISO 3 - PISO 4			PISO 2 - PISO 1		
Área de Losa	71	m2	Área de Losa	71	m2
<b>Losa Aligerada</b>	45,18	T	<b>Losa Aligerada</b>	45,18	T
<b>COLUMNAS (40x40 cm)</b>			<b>COLUMNAS (40x40 cm)</b>		
2,30		T	2,30		T
<b>COLUMNAS (35x35 cm)</b>			<b>COLUMNAS (35x35 cm)</b>		
6,17		T	6,17		T
<b>COLUMNAS (30x30 cm)</b>			<b>COLUMNAS (30x30 cm)</b>		
3,24		T	3,24		T
<b>VIGAS</b>			<b>VIGAS</b>		
2,51		T	2,51		T
2,47		T	2,47		T
2,68		T	2,68		T
1,35		T	1,35		T
<b>VOLADO</b>			<b>VOLADO</b>		
<b>VIGAS 25x30 cm</b>			<b>VIGAS 25x30 cm</b>		
0,83		T	0,83		T
0,96		T	0,96		T
1,25		T	1,25		T
1,23		T	1,23		T
0,55		T	0,55		T
<b>ESCALERA</b>			<b>ESCALERA</b>		
0,93		T	0,93		T
0,92		T	0,92		T
<b>CARGA MUERTA</b>			<b>CARGA MUERTA</b>		
<b>72,59</b>		T	<b>72,59</b>		T
<b>CARGA VIVA</b>			<b>CARGA VIVA</b>		
<b>7,06</b>		T	<b>14,12</b>		T
<b>Pisos</b>	<b>D (Ton)</b>	<b>L(Ton)</b>	<b>W= D+0,25 L (Ton)</b>		
4	72,59	14,12	76,12		
3	72,59	14,12	76,12		
2	72,59	7,06	74,35		
1	72,59	7,06	74,35		
<b>Σ</b>			<b>300,94</b>		

## Predimensionamiento de Losa

### Espesor de losa reticular

Se establece un diagrama solo de columnas y vigas, junto a los volados:

*Ilustración 10. Planta Baja*



Se debe determinar qué tipo de método constructivo se utiliza para el diseño de la losa. Se puede elegir un diseño unidireccional o doble controlado de la losa, para la elección entre estos dos se realiza el siguiente análisis:

- Losa armada en un sentido =  $L > 2l$
- Losa armada en dos sentidos =  $L < 2l$

Para este proyecto tenemos:

- $L = 3.48 \text{ m}$
- $l = 2.68 \text{ m}$

Por lo cual tenemos que:

$$3.48 < 2(2.68)$$

**(Optar por losa bidireccional)**

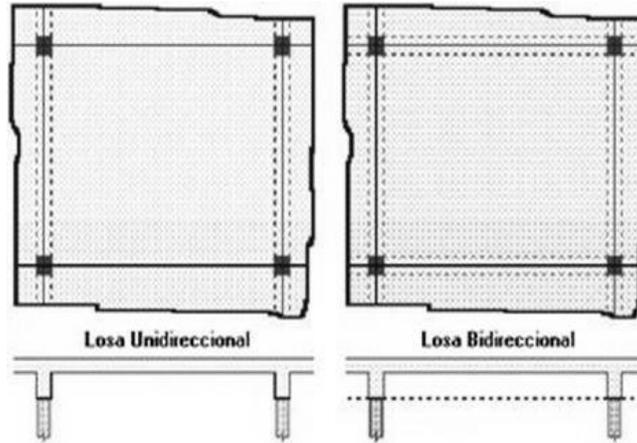
### **Losa Unidireccional**

Una losa es considerada unidireccional cuando la relación entre el vano más largo (L) y el más corto (B) es superior a 2 ( $L/B > 2$ ). Este tipo de losa generalmente se apoya en dos muros o vigas paralelas. Bajo cargas uniformemente distribuidas, se genera un momento de flexión en una sola dirección, por lo que se denomina losa unidireccional.

### **Losa Bidireccional**

Una losa bidireccional se apoya en los cuatro lados y distribuye la carga en dos direcciones. En este caso, el refuerzo principal se coloca en ambas direcciones. La relación entre el vano más largo y el más corto es inferior a 2, permitiendo que la carga se soporte a través de la flexión en dos direcciones perpendiculares.

Ilustración 11. Tipos de Losas



*Nota:* Losa unidireccional y Bidireccional. Obtenido del Manual de diseño de losas de concreto armado Fuente: C, F. A. (s. f.).

Se elige un espesor provisional de 25 cm para la losa en las 6 plantas, con una capa de compresión de 5 cm. Los nervios tendrán un espesor de 10 cm, y los Alivianamientos consistirán en bloques de 40 x 40 cm con una altura de 20 cm, utilizando dos bloques de 40 x 20 x 20 cm por cada alivianamiento. Esta configuración es común en la construcción local.

Ilustración 12. Control de deflexiones



*Nota:* Control de deflexiones. Obtenido del Manual de diseño de losas de concreto armado Fuente: C, F. A. (s. f.).

El peralte equivalente de la losa nervada mediante la comparación de que la altura maciza se iguale a la inercia de la losa nervada propuesta.

Tabla 15. Predimensionamiento de Losa

Figura	bi	hi	Ai	yi	yiAi	d2	Ioi	It
1	20	20	400	10	4000	0,3	13333,33	13450,88
2	100	5	500	2,5	1250	0,1	1041,67	1078,40
<b>TOTAL</b>			900		5250		<b>I Total</b>	14529,29
							<b>I Min</b>	16276,04

Donde:

$$y_{eg} = \frac{\sum y_i A_i}{\sum A_i} = 5,83 \text{ cm}$$

$$I = \sum (I_{oi} + A_i d_i^2)$$

Esta inercia se iguala a la de una losa maciza también de 1 metro de ancho y así se obtendrá la altura equivalente  $h_{equiv}$ .

$$0.000491 = \frac{1.00 h^3_{equiv}}{12}$$

Se obtiene  $h_{equiv} = 0.125 \text{ m} = 12.50 \text{ cm}$ . De donde verificamos

$$h_{min} = \frac{L_n(800 + 0.0712 Fy)}{3600 + 5000\beta(a_m - 0.2)}$$

Se debe garantizar que:  $h_{min} \geq 12.5 \text{ cm}$

Tabla 16. Valor Hmin de la losa

<b>Yeg</b>	5,83	M
<b>I</b>	14529,29	M4
<b>h equiv</b>	12,04	M
<b>Fy</b>	4200	Kg/cm2
<b>h min</b>	12,5	cm
<b>V mayor</b>	3,48	m
<b>V Menor</b>	2,68	m
<b>L</b>	5,36	<b>BIDIRECCIONAL</b>
<b>I Maciza</b>	16276,04	cm4
<b>b Losa</b>	100	cm
<b>b Nervio</b>	10	cm
<b>b Bloque</b>	40	cm
<b>Tablero de Compresión</b>	5	cm
<b>h Nervio</b>	20	cm
<b>H Total</b>	25	cm
<b>Lmax</b>	0,40	m
<b>Bloque 20x40x20</b>		
<b>Peso Hormigón</b>	2,4	T/m3
<b>P bloque</b>	0,7	T/m3

Después se calcula la fuerza del peso propio y sobrecarga que soportará la losa. El peso específico del hormigón armado se estima en  $2.4 t/m^3$ .

Tabla 17. Volumen de losa

<b>V total</b>	0,25	m3
<b>V hormigón</b>	0,12	m3
<b>V bloque</b>	0,13	m3

Tabla 18. Peso de Losa

<b>VOLUMEN DE LOSA</b>		
V total	0,25	m3
V Bloque	0,13	m3
V Hormigón	0,12	m3
<b>PESO DE LOSA</b>		
Peso hormigón	0,29	t/m2
Peso bloque	0,09	t/m2
PP	0,38	t/m2
Recubrimiento Superior	0,04	t/m2
Recubrimiento Inferior	0,04	t/m2
Mampostería	0,18	t/m2
<b>TOTAL</b>	<b>0,64</b>	<b>t/m2</b>

### Predimensionamiento de Vigas

Las vigas se dimensionan generalmente considerando un peralte del orden 1/10 a 1/12 de la luz libre. Debe aclararse que esta altura incluye el espesor de la losa del techo o piso. El ancho variable de 1/2 a 2/3 veces su altura, teniendo en cuenta un ancho mínimo de 25 cm, con la finalidad de evitar el congestionamiento del acero y presencia de cangrejeras.

$$\frac{L}{12} \leq h \leq \frac{L}{8}$$

$$\frac{b}{2} \leq b \leq \frac{2h}{3}$$

Donde:

L: Longitud de la viga.

h: Peralte de la viga.

b: Ancho de la viga.

El ancho mínimo B debe ser 250 mm (NEC-SE-HM 4.2.1).

### **Vigas de Transversales: Eje vertical al plano**

$$H = \frac{L}{10} = \frac{348}{10} = 34.8 = 35 \text{ cm}$$

$$H = \frac{L}{10} = \frac{35}{10} = 17.5 = 20 \text{ cm}$$

### **Vigas de Longitudinales: Eje horizontal al plano**

$$H = \frac{L}{10} = \frac{268}{10} = 26.8 = 30 \text{ cm}$$

### **Predimensionamiento de Columnas**

Las columnas al ser sometidas a cargas axiales y momento flector tienen que ser dimensionadas considerando los dos efectos simultáneamente:

#### **a. Columnas Centradas**

$$\text{Área de Columna} = P(\text{servicio}) / 0.45 F'c$$

#### **b. Columnas Excéntricas y Esquinadas**

$$\text{Área de Columna} = P(\text{servicio}) / 0.35 F'c$$

Donde  $P(\text{servicio}) = P * A * N$

El valor de P depende de la categoría a la que pertenezca la edificación:

- Edificios categoría A:

$$P = 1500 \text{ Kg/m}^2.$$

- Edificios categoría B:

$$P = 1250 \text{ Kg/m}^2.$$

- Edificios categoría C:  $P = 1000 \text{ Kg/m}^2$ .

- **Área tributaria de columna**

En la tabla N°3 del RNE, Norma E.030 Diseño sismorresistente, encontramos las categorías de las edificaciones, encontrando el caso actual analizándose en la categoría “A”, así mismo según la dimensión más pequeña de la sección transversal no sea menor que 300 mm (NEC-SE-HM 4.3.1) entonces:

$$A_{col} = \frac{P_{servicio}}{0.35 f'c}$$

Tabla 19. Área tributaria de la columna

Tipo	Área tributaria (m <sup>2</sup> )	Peso (Kg/m <sup>2</sup> )	# Pisos	P_Servicio (Kg)	F'C (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coef.x tipo de columna	Área de Columna (cm <sup>2</sup> )	Área min de Columna (cm <sup>2</sup> )	a(cm)	Sección (cm)
C3	2,29	1500	4	13748,4	280	0,35	140,290	900	30	30x30
C2	4,51	1500	4	27039,6	280	0,35	275,914	900	30	30x30
C1	8,94	1500	4	53613	280	0,45	425,500	900	30	30x30

**Revisión de Inercia de columnas respecto a las vigas**

- Columnas Centrales:

$$a = \frac{h}{8} = \frac{300}{8} = 37.5 \text{ cm} = 40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$$

- Columnas Laterales:

$$a = \frac{h}{9} = \frac{300}{9} = 33.3 \text{ cm} = 35 \text{ cm} \times 35 \text{ cm}$$

- Columnas Esquinas:

$$a = \frac{h}{10} = \frac{300}{10} = 30 \text{ cm} = 30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$$

Tabla 20. Revisión de Inercias

<b>Dirección X-X</b>							
<b>VIGAS</b>				<b>COLUMNAS</b>			<b>Verificación</b>
<b>B(CM)</b>	<b>H(CM)</b>	<b>I (CM4)</b>	<b>Zona</b>	<b>a(cm)</b>	<b>b(cm)</b>	<b>I_Columna (CM4)</b>	<b>I_Columna &gt; I_Viga</b>
25	30	56250,000	C3	30	30	67500	OK
25	30	56250,000	C2	35	35	125052,08	OK
25	30	56250,000					
<b>Laterales</b>		112500,000					
25	30	56250,000	C1	40	40	213333,33	OK
25	30	56250,000					
<b>Centrales</b>		112500,000					
<b>Dirección Y-Y</b>							
<b>VIGAS</b>				<b>COLUMNAS</b>			<b>Verificación</b>
<b>B(CM)</b>	<b>H(CM)</b>	<b>I (CM4)</b>	<b>Zona</b>	<b>a(cm)</b>	<b>b(cm)</b>	<b>I_Columna (CM4)</b>	<b>I_Columna &gt; I_Viga</b>
25	30	56250,000	C3	30	30	67500	OK
25	30	56250,000	C2	35	35	125052,08	OK
25	30	56250,000					
<b>Laterales</b>		112500,000					
25	30	56250,000	C1	40	40	213333,33	OK
25	30	56250,000					
<b>Centrales</b>		112500,000					

Por lo tanto, en base a la revisión de inercias las secciones de cada columna quedan de la siguiente forma:

Tabla 21. Secciones de columnas

<b>C3</b>	<b>Columnas Esquinas (bxh)</b>	<b>30 x 30 cm</b>
<b>C2</b>	<b>Columnas Laterales (bxh)</b>	<b>35 x 35 cm</b>
<b>C1</b>	<b>Columnas Centrales (bxh)</b>	<b>40 x 40 cm</b>

Tabla 22. Columnas y Vigas

<b>Nivel de Piso</b>	<b>Columnas</b>	<b>Vigas</b>
<b>1</b>	<b>C3, C2, C1</b>	<b>Vx, Vy</b>
<b>2</b>	<b>C3, C2, C1</b>	<b>Vx, Vy</b>
<b>3</b>	<b>C3, C2, C1</b>	<b>Vx, Vy</b>
<b>4</b>	<b>C3, C2, C2</b>	<b>Vx, Vy</b>

Tabla 23. Predimensionamiento de vigas y columnas

DATOS Arq.			VIGAS			COLUMNAS 30x30					
L1	3,48	m	<b>Vivienda</b>			Cm1	0,64	t/m2	At	8,98	m2
L2	3,43	m	<b>Cm</b>	0,64	<b>t/m2</b>	Cv1	0,20	t/m2	Cu	4,35	t/m2
L3	2,70	m	<b>Cv</b>	0,20	<b>t/m2</b>	Pisos	4	u	Fm	1,20	
L4	2,50	m	<b>Cu</b>	<b>1,09</b>	<b>t/m2</b>	<b>Pu</b>				<b>46,91</b>	<b>t</b>
rec	2,50	cm	<b>b col</b>	0,30	<b>m</b>	<b>Ag</b>				<b>488</b>	<b>cm2</b>
			<b>He</b>	3,00		<b>Datos de columna</b>					
F'c	280	kg/cm2	<b>Me</b>	4,75	<b>t-m</b>	Ancho				30	cm
Fy	4200	kg/cm2	<b>Fm</b>	1,15		Prof				30	cm
			<b>Md</b>	<b>3,02</b>	<b>t-m</b>	var a				3	u
Lv	3,48		<b>b</b>	25	<b>cm</b>	var p				3	u
pb	2,85%	Cuant. Balance	<b>h</b>	20	<b>cm</b>	Ø long				12	mm
	1,43%		<b>h def</b>	30	<b>cm</b>	Ø esq				12	mm
			<b>rel</b>	1,20		<b>Condiciones</b>	ØEst.			10	mm
				<b>OK</b>		Cuant.	1,00%	<b>OK</b>	rec	2,50	cm
			<b>d</b>	25,70	<b>cm</b>	sep a	9,7	<b>OK</b>	Núm.	8	u
			<b>d'</b>	4,30	<b>cm</b>	sep p	9,7	<b>OK</b>	As	9,04	cm2
			<b>As</b>	<b>3,52</b>	<b>cm2</b>	<b>Confinamiento</b>	<b>Ag</b>	<b>900</b>	<b>cm2</b>		
			<b>As min</b>	2,14	<b>cm2</b>	s	7	cm	bc	24,0	cm
			<b>Ø</b>	16		Ash	1,94	cm2	pc	24,0	cm
			<b>núm.</b>	2	<b>u</b>	<b>Estribos</b>	<b>2,5</b>	<b>u</b>	Ac	576	cm2
			<b>As (-)</b>	0	<b>u</b>						
			<b>L As (-)</b>	0,87	<b>m</b>						
			<b>As real</b>	<b>4,02</b>	<b>cm2</b>						
			<b>cuant</b>	0,54%							
				<b>OK</b>							
			<b>sep</b>	14,80	<b>cm</b>						
			<b>sep min</b>	2,54	<b>cm</b>						
			<b>OK</b>								
			<b>As (+)</b>	2,40	<b>cm2</b>						
			<b>Ø</b>	12							
			<b>núm.</b>	2	<b>u</b>						
			<b>Asreal</b>	2,26	<b>cm2</b>						
			<b>Z</b>	19481							
				<b>ALL</b>							
			<b>a</b>	<b>2,84</b>	<b>cm</b>						
			<b>Mr</b>	<b>3,69</b>	<b>t-m</b>						

Tabla 24. Columnas 35x35

<b>COLUMNAS 35x35</b>						
Cm1	0,64	t/m2	At	8,98	m2	
Cv1	0,20	t/m2	Cu	4,35	t/m2	
Pisos	4	u	Fm	1,20		
<b>Pu</b>				<b>46,91</b>	<b>t</b>	
<b>Ag</b>				<b>488</b>	<b>cm2</b>	
<b>Datos de columnas</b>						
Ancho				35	cm	
Prof				35	cm	
var a				4	u	
var p				4	u	
Ø long				14	mm	
Ø esq				14	mm	
<b>Condiciones</b>			Ø Est.	10	mm	
cuant.	2,11%	<b>OK</b>	rec	2,50	cm	
sep a	7,5	<b>OK</b>	Núm.	12	u	
sep p	4,1	<b>OK</b>	As	18,46	cm2	
<b>Confinamiento</b>				<b>Ag</b>	<b>1225</b>	<b>cm2</b>
S	8	cm	bc	29,0	cm	
Ash	2,86	N	pc	19,0	cm	
<b>Estribos</b>	<b>3</b>	<b>u</b>	Ac	551	cm2	

Tabla 25. Columnas 40x40

COLUMNAS 40x40						
Cm1	0,64	t/m2	At	8,98	m2	
Cv1	0,20	t/m2	Cu	4,35	t/m2	
Pisos	4	u	Fm	1,20		
<b>Pu</b>				<b>46,91</b>	<b>t</b>	
<b>Ag</b>				<b>488</b>	<b>cm2</b>	
Datos de columnas						
Ancho				40	cm	
Prof				40	cm	
var a				4	u	
var p				4	u	
Ø long				14	mm	
Ø esq				14	mm	
Condiciones			Ø Est.	10	mm	
cuant.	1,15%	<b>OK</b>	rec	2,50	cm	
sep a	9,1	<b>OK</b>	Núm.	12	u	
sep p	9,1	<b>OK</b>	As	18,46	cm2	
Confinamiento			<b>Ag</b>	<b>1600</b>	<b>cm2</b>	
S	8	cm	bc	34,0	cm	
Ash	2,19	N	pc	34,0	cm	
<b>Estribos</b>	<b>3</b>	<b>u</b>	Ac	1156	cm2	
NUM		Ø LON	ØESQ	ØEST	SEP	VINC
<b>C40</b>	4	14	14	10	8	3
<b>C35</b>	4	14	14	10	8	3
<b>C30</b>	3	12	12	10	7	3

## CAPÍTULO IV

### 4. DESARROLLO

#### 4.1. ANÁLISIS ESTÁTICO LINEAL

Para el análisis estático como punto de partida se considera las características de la zona sísmica en la cual se encontrará ubicada la edificación en las diferentes ciudades antes mencionadas.

Por lo tanto, se definirá los valores necesarios para las ciudades de nuestro proyecto empezando con el cálculo de periodo de vibración basándonos en la *NEC-15 Cp. 6.33*.

#### Periodo de Vibración

##### Método 1 (Empírico)

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Para nuestro proyecto se tiene:

Tabla 26. Valores para  $C_t$  y  $\alpha$

Tipo de estructura	$C_t$	$\alpha$
<b>Estructuras de acero</b>		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
<b>Pórticos especiales de hormigón armado</b>		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadores	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadores y para otras estructuras basadas en muros y mampostería estructurales	0.055	0.75

Fuente: Norma NEC-SE-DE-Peligro Sísmico (2015)

- $C_t = 0.055$
- $\alpha = 0.9$
- $H_n = \text{Altura de entrepiso} * \text{Número de Pisos} = 3 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 12 \text{ m}$

$$T = C_t h_n^\alpha$$

$$T = 0.055 * 12^{0.9}$$

$$T = 0.51 \text{ s}$$

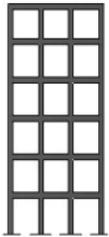
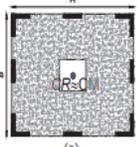
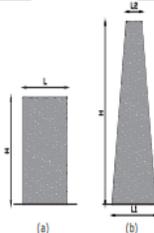
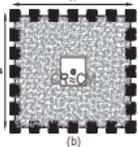
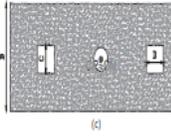
### Configuración de Planta y Elevación

$$\phi_p = \phi_{PA} * \phi_{PB}$$

Así mismo:

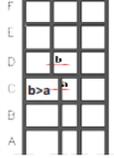
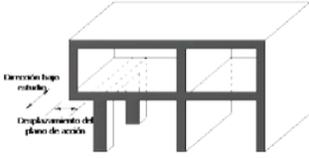
*Irregularidades y coeficientes de configuración estructural*

Tabla 27. Configuraciones estructurales recomendadas

CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN $\phi_{E1}$		CONFIGURACIÓN EN PLANTA $\phi_{P1}$	
La altura de entrepiso y la configuración vertical de sistemas aporticados, es constante en todos los niveles. $\phi_{E1}$		La configuración en planta ideal en un sistema estructural es cuando el Centro de Rigidez es semejante al Centro de Masa. $\phi_{P1}$	
La dimensión del muro permanece constante a lo largo de su altura o varía de forma proporcional. $\phi_{E1}$			
			

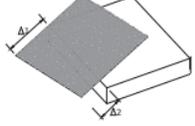
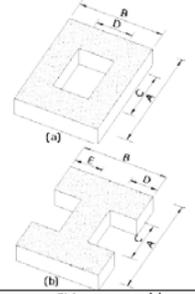
Fuente: (MIDUVI,2015)

Tabla 28. Configuraciones estructurales no recomendadas

IRREGULARIDADES EN ELEVACIÓN		IRREGULARIDADES EN PLANTA
<p><b>Ejes verticales discontinuos o muros soportados por columnas.</b> La estructura se considera irregular no recomendada cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales del sistema resistente, dentro del mismo plano en el que se encuentran, y estos desplazamientos son mayores que la dimensión horizontal del elemento.</p> 	<p><b>Desplazamiento de los planos de acción de elementos vertical.</b></p> <p>Una estructura se considera irregular no recomendada cuando existen discontinuidades en los ejes verticales, tales como desplazamientos del plano de acción de elementos verticales del sistema resistente.</p> 	
<p><b>Piso débil-Discontinuidad en la resistencia.</b> La estructura se considera irregular no recomendada cuando la resistencia del piso es menor que el 70% de la resistencia del piso inmediatamente superior, (entendiéndose por resistencia del piso la suma de las resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada).</p> 		
<p><b>Columna corta</b> Se debe evitar la presencia de columnas cortas, tanto en el diseño como en la construcción de las estructuras.</p> 		

Fuente: (MIDUVI,2015)

Tabla 29. Coeficiente de irregularidad en planta

<p><b>Tipo 1 - Irregularidad torsional</b> <math>\phi_T=0.9</math> <math>\Delta &gt; 1.2 \frac{(\Delta 1 + \Delta 2)}{2}</math></p> <p>Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p> 	
<p><b>Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas</b> <math>\phi_T=0.9</math> <math>A &gt; 0.15B</math> y <math>C &gt; 0.15D</math></p> <p>La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p> 	
<p><b>Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso</b> <math>\phi_T=0.9</math> a) <math>CxD &gt; 0.5AxB</math> b) <math>[Cx D + CxE] &gt; 0.5Ax B</math></p> <p>La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p> 	
<p><b>Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos</b> <math>\phi_T=0.9</math></p> <p>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> 	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Fuente: (MIDUVI,2015)

## Verificación de Factor de irregularidad en planta $\phi_p$

### Revisión de Irregularidad Torsional

La NEC le penaliza con un coeficiente  $\phi_{pi} = 0,9$  a continuación se presenta el cálculo del centro de masas y centro de rigidez del edificio y se verificará si existe excentricidad entre los centros. (Análisis sismo resistente NEC-SE-DS)

### Centro de Masas

En un piso genérico  $i$  el centro de masas o centro de gravedad es el punto que representa la ubicación del resultante de las cargas provenientes de las columnas de todo el piso analizado. Para calcularlo, se utilizan las siguientes ecuaciones.

$$X_{cg} = \frac{\sum A_i X_i}{\sum A_i}$$

$$Y_{cg} = \frac{\sum A_i Y_i}{\sum A_i}$$

$$X_{cg} = \frac{9,39 * 7,855 * \left(\frac{9,39}{2}\right)}{9,39 * 7,855} = 4,70 \text{ m}$$

$$Y_{cg} = \frac{9,39 * 7,855 * \left(\frac{7,855}{2}\right)}{9,39 * 7,855} = 3,98 \text{ m}$$

Tabla 30. Resumen de Centro de Masas

Centro de Masas		
N° De Piso	Xi (m)	Yi (m)
1	4,695	3,927
2	4,695	3,927
3	4,695	3,927
4	4,695	3,927

En base a nuestros resultados podemos dar a conocer el tipo de irregularidad que se presenta en nuestra edificación.

- **Tipo 2.- Retrocesos excesivos en las esquinas**

En nuestra estructura se presentan esquinas entrantes, y se posee volados en diferentes zonas de la estructura.

- **Tipo 3.- Discontinuidades en sistema de piso**

Se puede mencionar que existe discontinuidad de diafragmas porque tenemos áreas abiertas en la zona de la escalera.

- **Tipo 4.- Ejes estructurales no paralelos**

Se genera porque todos los ejes son paralelos tanto en el eje X como el eje Y.

Por lo tanto, para  $\phi_p$  de planta:

$$\phi_p = \phi_{PA} * \phi_{PB}$$

$$\phi_{PA} = \text{Revisión Tipo 1} - 2 - 3 = 0,9$$

$$\phi_{PB} = 0,9 * 1 = 0,9$$

### **Verificación de rigidez de pórtico en sentido X y/o en sentido Y**

$$K = \frac{12 * EI}{H^3}$$

$$E_c = 14100\sqrt{280} = 235938,13 \text{ Kg/cm}^2 = 2359381,3 \text{ Ton/m}^2$$

Altura de entrepiso = 3 m

Tabla 31. Rigideces en sentido X y/o Y

		Dirección Y-Y		Numero de Columnas	Módulo de Elasticidad Ton/m <sup>2</sup>	I_Columna -yy cm <sup>4</sup>	Altura de entrepiso (m)	KYY (TON/m)
		Zona	a(cm)					
Nivel de Piso 1,2,3,4	C3	30	30	5	2359381,3	67500	3	3539,072
	C2	35	35	7	2359381,3	125052,08	3	9179,195
	C1	40	40	2	2359381,3	213333,33	3	4474,086
	<b>KYY TOTAL</b>							
		Dirección X-X		Numero de Columnas	Módulo de Elasticidad	I_Columna -xx cm <sup>4</sup>	Altura de entrepiso (m)	KXX (Ton/m)
		Zona	a(cm)					
Nivel de Piso 1,2,3,4	C3	30	30	5	2359381,3	67500	3	3539,072
	C2	35	35	7	2359381,3	125052,08	3	9179,195
	C1	40	40	2	2359381,3	213333,33	3	4474,086
	<b>KXX TOTAL</b>							
<b>Σ TOTAL</b>								<b>34384,71</b>

Tabla 32. Verificación de elevación

<b>Tipo 1 Piso Flexible</b>	
$k1 < 0,7 k2$	
$34384,71 < 0,7 (34384,71)$	
$34384,71 < 24069,297$	<b>FALSO</b>
<b>NO HAY</b>	
<b>Tipo 2 Distribución de Masas</b>	
$M2 > 1,5 M3$	
$72,6 > 1,5 (72,6)$	
$72,6 > 108,9$	<b>FALSO</b>
<b>Tipo 3 Irregularidad geométrica</b>	
$\emptyset E = \emptyset E_a * \emptyset E_b$	
$\emptyset E_a = 1 * \emptyset E_b = 1 = 1$	
$\emptyset E = 1$	
<b>NO EXISTE</b>	

## Cortante Basal

$$V = \frac{I S_a(T_a)}{R \phi_p \phi_E} * W$$

Se determina el Factor de Importancia para nuestra edificación de uso residencial:

Tabla 33. Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coefficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. (“NEC-15 PELIGRO SÍSMICO DISEÑO SISMO RESISTENTE”) Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente.	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores.	1.0

Nota: Tipo de uso, destino e importancia de la estructura. Fuente: NEC-SE-DE-Peligro Sísmico (2015)

Por lo tanto, determinamos el valor de la zona sísmica de las 3 regiones del Ecuador en el que no coincidirán los valores, el valor de Z de acuerdo con la NEC 15-Peligro sísmico se muestran en la **tabla 1**, serán los siguientes:

Ilustración 13. Valor de zona sísmica

POBLACIÓN	PARROQUIA	CANTÓN	PROVINCIA	Z
LA TE	MALIMPIA	QUININDE	ESMERALDAS	0.50
ZAPALLO	MALIMPIA	QUININDE	ESMERALDAS	0.50
ESMERALDAS	ESMERALDAS	ESMERALDAS	ESMERALDAS	0.50

Nota: Valor de zona sísmica para la ciudad de Esmeraldas. Fuente: NEC-SE-DE-Peligro Sísmico (2015)

Ilustración 15. Valor de Z de la población

POBLACIÓN	PARROQUIA	CANTÓN	PROVINCIA	Z
SAN MIGUELITO	SAN MIGUELITO	SANTIAGO DE PILLARO	TUNGURAHUA	0.40
HUACHI GRANDE	HUACHI GRANDE	AMBATO	TUNGURAHUA	0.40
SANTA ROSA	SANTA ROSA	AMBATO	TUNGURAHUA	0.40
AMBATO	AMBATO	AMBATO	TUNGURAHUA	0.40

Nota: Valor de zona sísmica para la ciudad de Ambato. Fuente: NEC-SE-DE-Peligro Sísmico (2015)

Ilustración 14. Valor de z

POBLACIÓN	PARROQUIA	CANTÓN	PROVINCIA	Z
EL ENO	EL ENO	LAGO AGRIO	SUCUMBIOS	0.15
AGUARICO	PACAYACU	LAGO AGRIO	SUCUMBIOS	0.15
CHIRITZA	TARAPOA	CUYABENO	SUCUMBIOS	0.15
SAN PEDRO DE LOS COFANES	SAN PEDRO DE LOS COFANES	SHUSHUFINDI	SUCUMBIOS	0.15
JIVINO	SAN PEDRO DE LOS COFANES	SHUSHUFINDI	SUCUMBIOS	0.15
PUERTO EL CARMEN DEL PUTUMAYO	PUERTO EL CARMEN DEL PUTUMAYO	PUTUMAYO	SUCUMBIOS	0.15
PUERTO AGUARICO	NUEVA LOJA	LAGO AGRIO	SUCUMBIOS	0.15
SANTA CECILIA	SANTA CECILIA	LAGO AGRIO	SUCUMBIOS	0.15
GENERAL FARFAN	GENERAL FARFAN	LAGO AGRIO	SUCUMBIOS	0.15
SAN MIGUEL	GENERAL FARFAN	LAGO AGRIO	SUCUMBIOS	0.15
NUEVA LOJA	NUEVA LOJA	LAGO AGRIO	SUCUMBIOS	0.15

Nota: Valor de zona sísmica para la ciudad de Nueva Loja. Fuente: NEC-SE-DE-Peligro Sísmico (2015)

Tabla 34. Resumen de Valor de Z de las ciudades escogidas.

VALOR DE Z			
Ciudad	Zona		Peligro Sísmico
Esmeraldas	0,5	VI	Muy alta
Ambato	0,4	V	Alta
Nueva Loja	0,15	I	Intermedia

En este proyecto tenemos 3 zonas por tomar en consideración al momento de determinar Fa, Fd, Fs en base al tipo de perfil de suelo como se muestra en la **tabla 2**, no obstante, al ser diferentes zonas de proyectos tendremos diferentes perfiles de suelo el cual serán tipo C para la ciudad de Esmeraldas, tipo D para la ciudad de Ambato y tipo E para la ciudad de Nueva Loja.

Después de definir nuestros valores de Z y valores para Fa, Fd, Fs, necesitamos definir el valor de n en base a cada región.

Tabla 35. Valores de Amplificación Espectral

Región	Valor $\eta$
Provincias de la Costa (Excepto Esmeraldas)	1.80
Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos	2.48
Provincias del Oriente	2.60

*Nota:* Valores de amplificación espectral de las regiones del Ecuador. Fuente: Norma NEC-SE-DE (2015) Peligro Sísmico.

- Determinamos Fa, Fd, Fs para la ciudad de **Esmeraldas** y lo analizaremos en base al

tipo de perfil de suelo **C Zona V**.

**Coefficiente de amplificación del suelo en la zona de período corto (Fa)**

*Tabla 36. Fa de la ciudad de Esmeraldas*

TIPO DE PERFIL DEL SUBSUELO	ZONA SÍSMICA Y FACTOR Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.50$
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18

**Coefficiente de amplificación del suelo (Fd)**

*Tabla 37. Fd ciudad de Esmeraldas*

TIPO DE PERFIL DEL SUBSUELO	ZONA SÍSMICA Y FACTOR Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.50$
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06

**Comportamiento no lineal del suelo (Fs)**

*Tabla 38. Fs ciudad de Esmeraldas*

TIPO DE PERFIL DE SUBSUELO	ZONA SÍSMICA Y FACTOR Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.50$
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23

Definimos  $n = 2,48$

- Determinamos Fa, Fd, Fs para la ciudad de **Ambato** y lo analizaremos en base al tipo

de perfil de suelo D Zona IV.

**Coefficiente de amplificación del suelo en la zona de período corto (Fa)**

*Tabla 39. Fa Ambato*

TIPO DE PERFIL DE SUBSUELO	ZONA SÍSMICA Y FACTOR Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.50$
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12

**Coefficiente de amplificación del suelo (Fd)**

*Tabla 40. Fd Ambato*

TIPO DE PERFIL DE SUBSUELO	ZONA SÍSMICA Y FACTOR Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.50$
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11

**Comportamiento no lineal del suelo (Fs)**

*Tabla 41. Fs Ambato*

TIPO DE PERFIL DE SUBSUELO	ZONA SÍSMICA Y FACTOR Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.50$
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40

Definimos  $n = 2,48$

- Determinamos  $F_a$ ,  $F_d$ ,  $F_s$  para la ciudad de **Nueva Loja** y lo analizaremos en base al tipo de perfil de **suelo E Zona I**.

**Coefficiente de amplificación del suelo en la zona de período corto ( $F_a$ )**

*Tabla 42.  $F_a$  Nueva Loja*

TIPO DE PERFIL DE SUBSUELO	ZONA SÍSMICA Y FACTOR Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.50$
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85

**Coefficiente de amplificación del suelo ( $F_d$ )**

*Tabla 43.  $F_d$  Nueva Loja*

TIPO DE PERFIL DE SUBSUELO	ZONA SÍSMICA Y FACTOR Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.50$
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5

**Comportamiento no lineal del suelo ( $F_s$ )**

*Tabla 44.  $F_s$  Nueva Loja*

TIPO DE PERFIL DE SUBSUELO	ZONA SÍSMICA Y FACTOR Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.50$
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2

Definimos  $n = 2,60$

Ilustración 16. Espectro elástico para las diferentes ciudades

**ESPECTRO ELÁSTICO**

Esmeraldas	
<b>I</b>	<b>1</b>
<b>Op</b>	0,9
<b>Oe</b>	1
<b>R</b>	6
<b>n</b>	2,48
<b>Z</b>	0,5
<b>Ct</b>	0,055
<b>H</b>	12
<b>a</b>	0,9
<b>T</b>	0,51

Ambato	
<b>I</b>	<b>1</b>
<b>Op</b>	0,9
<b>Oe</b>	1
<b>R</b>	6
<b>n</b>	2,48
<b>Z</b>	0,4
<b>Ct</b>	0,055
<b>H</b>	12
<b>a</b>	0,9
<b>T</b>	0,51

Nueva Loja	
<b>I</b>	<b>1</b>
<b>Op</b>	0,9
<b>Oe</b>	1
<b>R</b>	6
<b>n</b>	2,6
<b>Z</b>	0,15
<b>Ct</b>	0,055
<b>H</b>	12
<b>a</b>	0,9
<b>T</b>	0,51

	<b>C</b>
<b>Fa</b>	1,18
<b>Fd</b>	1,06
<b>Fs</b>	1,23
<b>r</b>	1
<b>Tc</b>	0,61

	<b>D</b>
<b>Fa</b>	1,2
<b>Fd</b>	1,19
<b>Fs</b>	1,28
<b>r</b>	1
<b>Tc</b>	0,70

	<b>E</b>
<b>Fa</b>	1,8
<b>Fd</b>	1,65
<b>Fs</b>	1,8
<b>r</b>	1,5
<b>Tc</b>	0,91

**ESPECTRO ELÁSTICO ESMERALDAS**

T (s)	Sa C
0	1,46
0,1	1,46
0,2	1,46
0,3	1,46
0,4	1,46
0,5	1,46
0,6	1,46
0,7	1,27
0,8	1,11
0,9	0,99
1	0,89
1,1	0,81
1,2	0,74
1,3	0,68
1,4	0,64
1,5	0,59
1,6	0,56
1,7	0,52
1,8	0,49
1,9	0,47
2	0,44
2,1	0,42
2,2	0,40
2,3	0,39
2,4	0,37
2,5	0,36
2,6	0,34
2,7	0,33
2,8	0,32
2,9	0,31
3	0,30

**ESPECTRO ELÁSTICO AMBATO**

T (s)	Sa D
0	1,19
0,1	1,19
0,2	1,19
0,3	1,19
0,4	1,19
0,5	1,19
0,6	1,19
0,7	1,19
0,8	1,04
0,9	0,92
1	0,83
1,1	0,76
1,2	0,69
1,3	0,64
1,4	0,59
1,5	0,55
1,6	0,52
1,7	0,49
1,8	0,46
1,9	0,44
2	0,42
2,1	0,40
2,2	0,38
2,3	0,36
2,4	0,35
2,5	0,33
2,6	0,32
2,7	0,31
2,8	0,30
2,9	0,29
3	0,28

**ESPECTRO ELÁSTICO NUEVA LOJA**

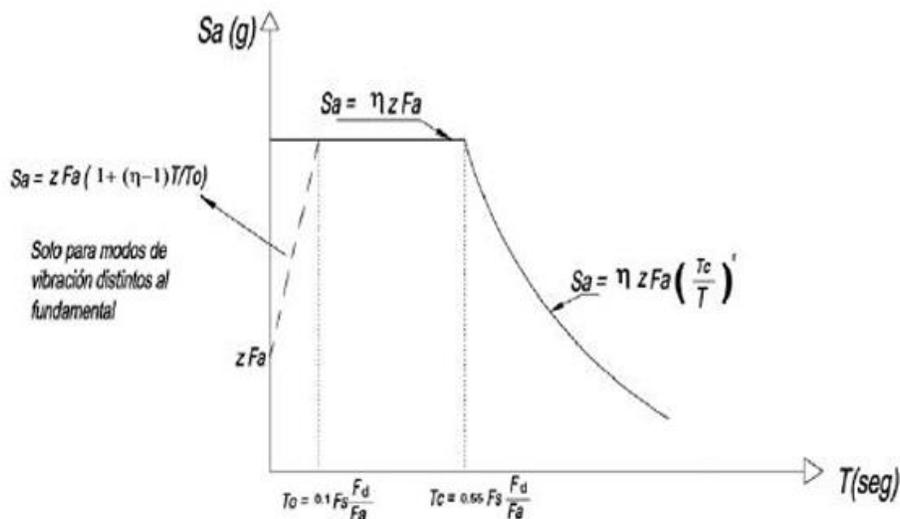
T (s)	Sa E
0	0,70
0,1	0,70
0,2	0,70
0,3	0,70
0,4	0,70
0,5	0,70
0,6	0,70
0,7	0,70
0,8	0,70
0,9	0,70
1	0,61
1,1	0,53
1,2	0,46
1,3	0,41
1,4	0,37
1,5	0,33
1,6	0,30
1,7	0,27
1,8	0,25
1,9	0,23
2	0,21
2,1	0,20
2,2	0,19
2,3	0,17
2,4	0,16
2,5	0,15
2,6	0,14
2,7	0,14
2,8	0,13
2,9	0,12
3	0,12

## ESPECTRO DE DISEÑO EN ACELERACIÓN PARA HORMIGÓN

La *Ilustración 18* muestra el espectro elástico que ilustra el sismo de diseño, el cual se basa en un amortiguamiento del 5% en comparación con el crítico. Este espectro de diseño se elabora utilizando las ordenadas normalizadas de los espectros de peligro sísmico para roca, considerando una probabilidad de excedencia del 10% en un período de 50 años o un intervalo de retorno de 475 años.

El espectro de diseño de aceleraciones para las estructuras de hormigón en las diferentes ciudades antes mencionadas con intervalos de período de 0,1 s. El cual sigue rigurosamente a la aplicación de las siguientes fórmulas:

*Ilustración 17. Espectro elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.*



*Nota:* Representa el sismo de diseño, sismo que obedece a una fracción de amortiguamiento respecto al crítico de 5%. Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15)

El procedimiento para elaborar el espectro de respuesta sísmica, se describe a continuación:

Para  $0 \leq T \leq T_c$ , la aceleración de respuesta espectral se calcula como:

$$S_a = \eta Z F_a$$

Para  $T > T_c$ , se calcula la aceleración de respuesta espectral de la siguiente manera:

$$S_a = \eta Z F_a \left( \frac{T_c}{T} \right)^r$$

Donde:

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

*Ilustración 18. Espectro Elástico de la ciudad de Esmeraldas*

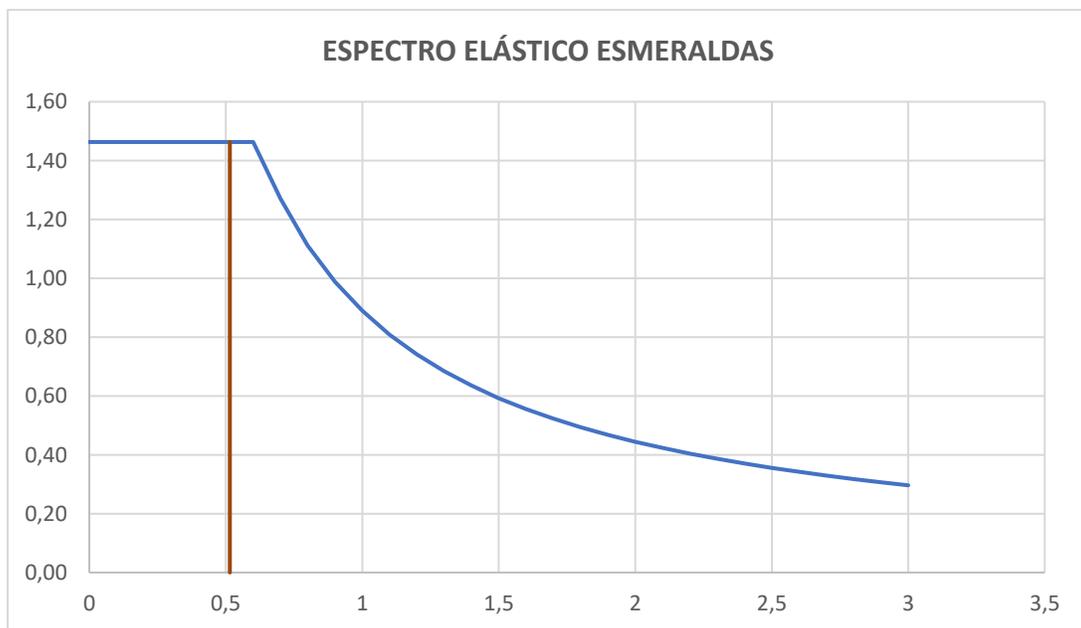


Ilustración 19. Espectro elástico de la ciudad de Ambato

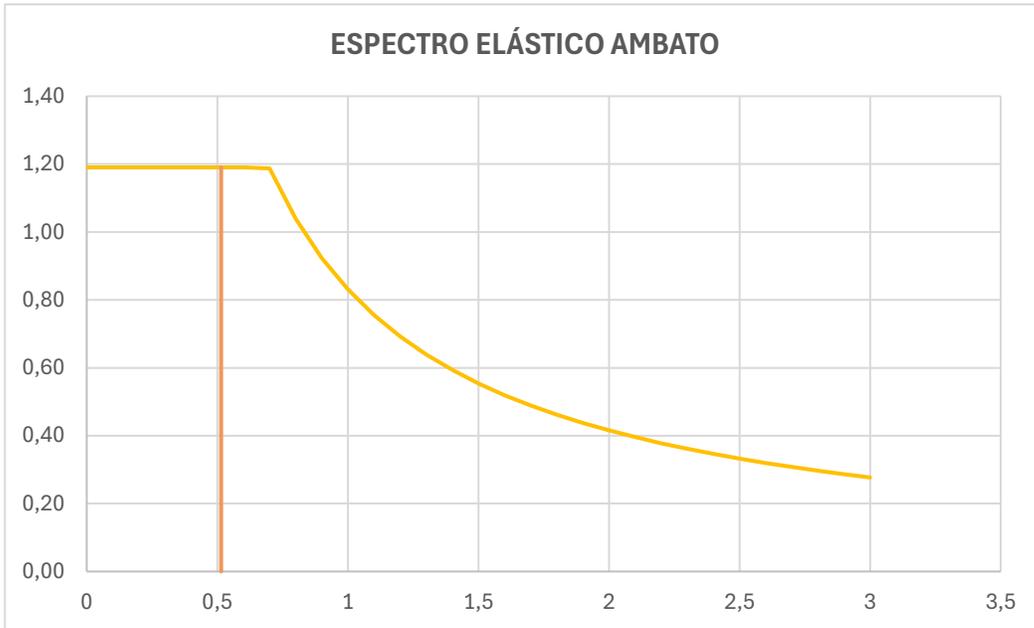
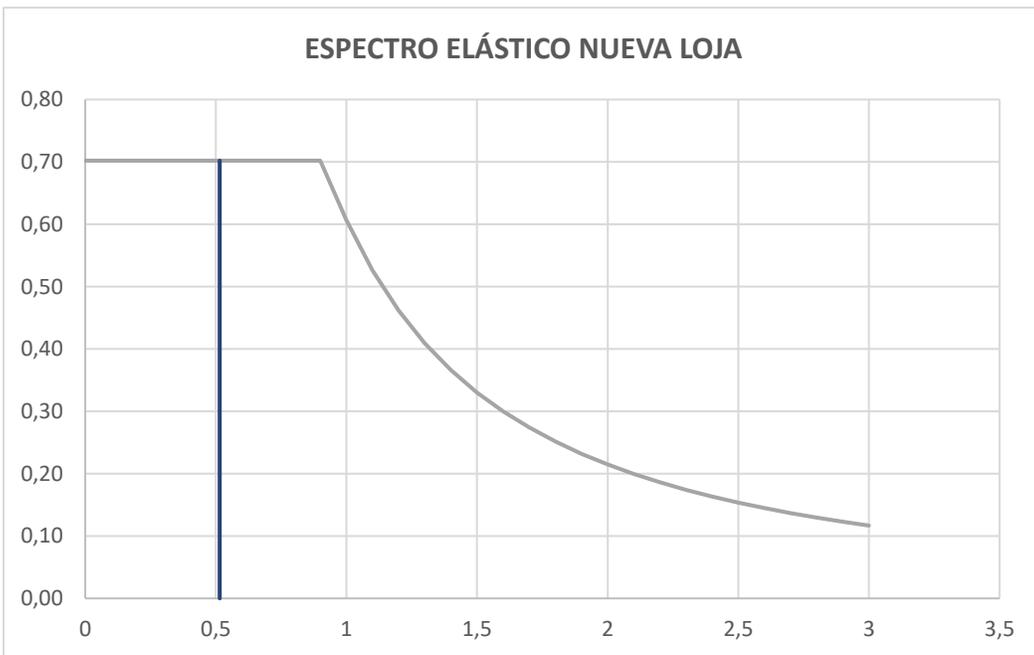


Ilustración 20. Espectro elástico de la ciudad de Nueva Loja



# CAPÍTULO V

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.2. Modelación en ETABS

Una vez que se han definido las secciones a utilizar, se procede a la fase de modelado en un software especializado en análisis estructural. Esta etapa es esencial porque permite crear un modelo virtual del edificio basado en el diseño arquitectónico y asignar las cargas relevantes a la estructura.

El modelado es fundamental para garantizar la integridad estructural y la seguridad del edificio, ya que posibilita el cálculo preciso del peso propio que soportarán los distintos niveles de la edificación. Este cálculo es crucial para la evaluación de la cortante basal, los períodos de vibración y las derivas de piso en cada nivel. La correcta determinación de estos factores es necesaria para garantizar no solo la estabilidad física del edificio, sino también la seguridad y el bienestar de sus ocupantes en caso de eventos sísmicos.

*Ilustración 21. Modelación malla de girds*

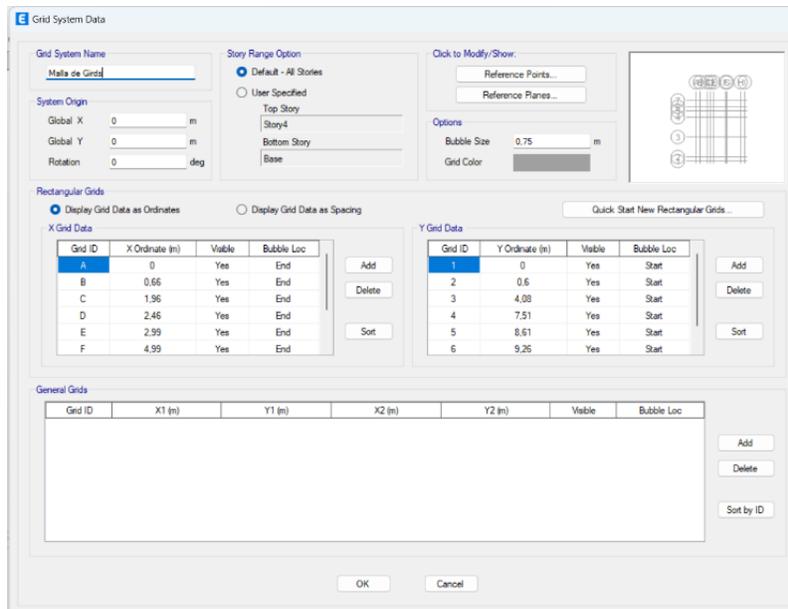


Ilustración 22. Modelación de la estructura

Story	Height m	Elevation m	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height m	Story Color
Story4	3	12	Yes	None	No	0	Red
Story3	3	9	No	Story4	No	0	Magenta
Story2	3	6	No	Story4	No	0	Yellow
Story1	3	3	No	Story4	No	0	Grey
Base		0					

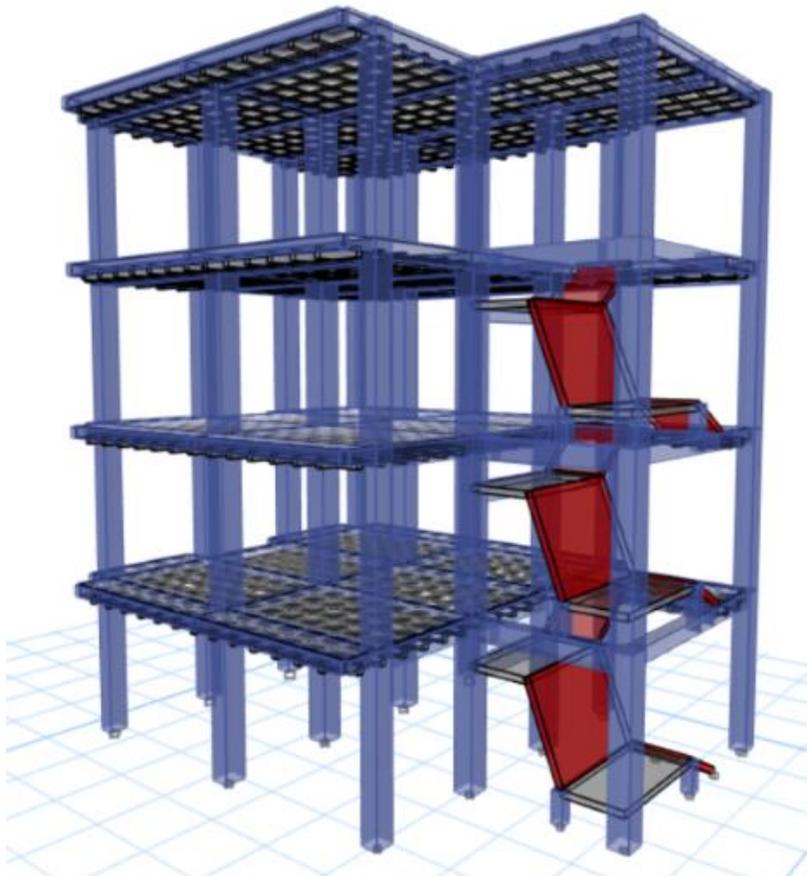
Note: Right Click on Grid for Options

Refresh View

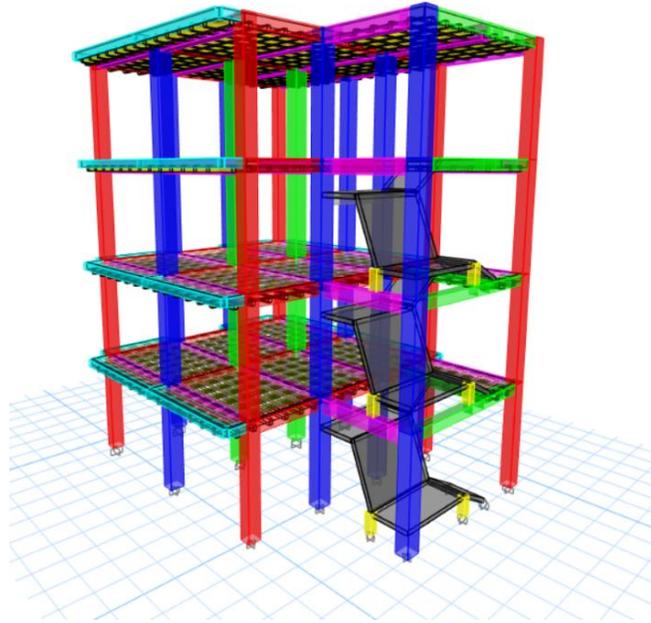
OK Cancel

## MODELACIÓN TRIDIMENSIONAL ESTRUCTURAL

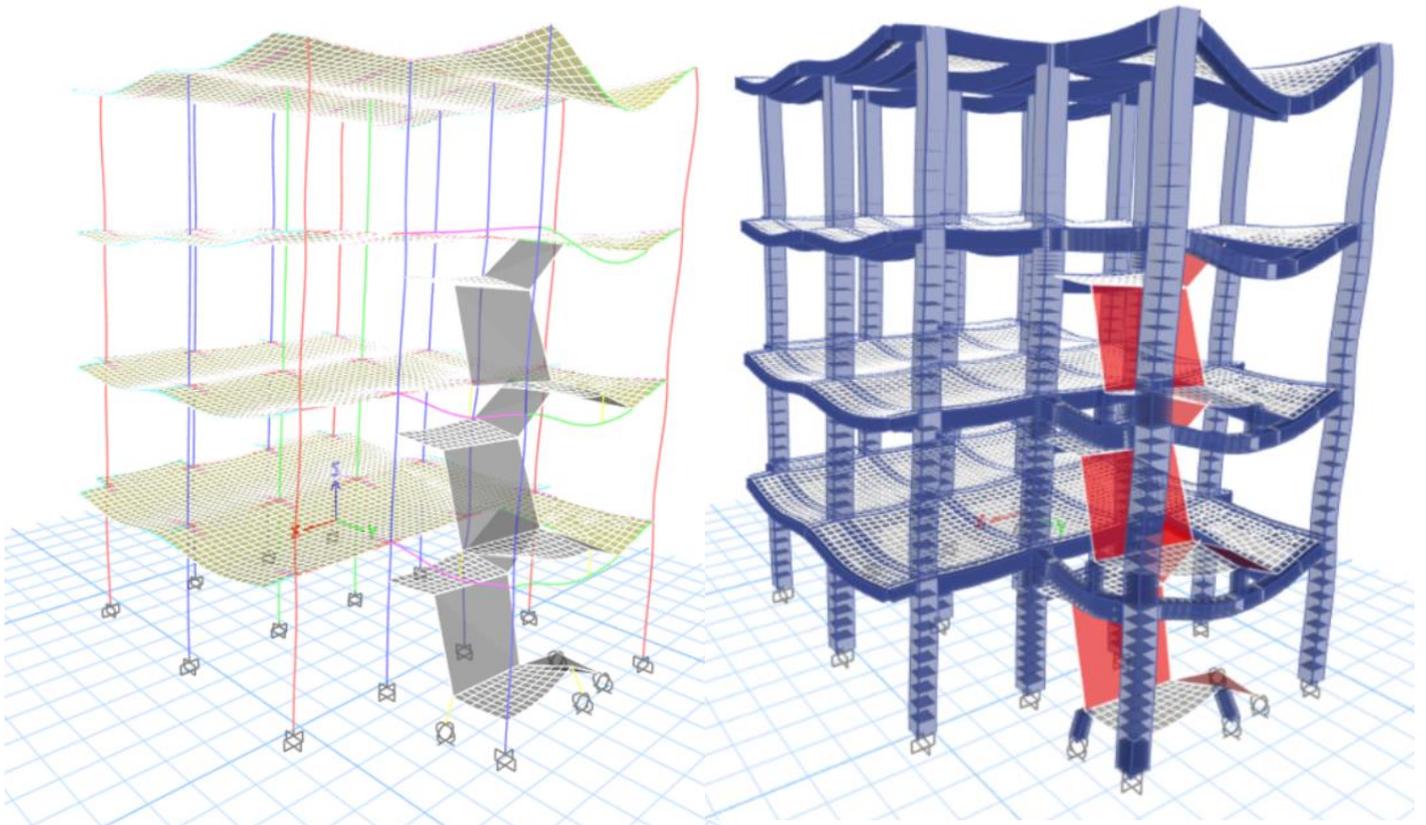
Ilustración 23. Modelación tridimensional



*Ilustración 24. Vista 3D de la estructura*



*Ilustración 25. Deformación por combi. cargas sísmicas*



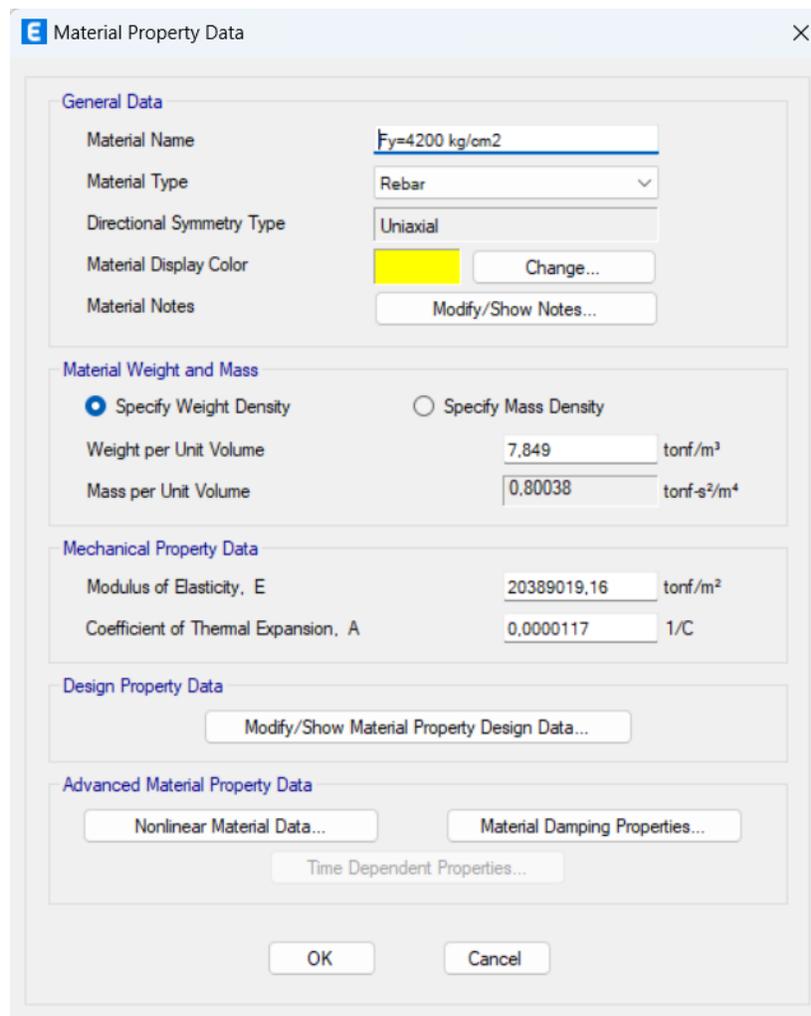
## PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

Módulo de elasticidad del hormigón, se va a utilizar de acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC 2015). El programa considera el peso de los elementos al haber agregado el peso del concreto en la modelación.

Acero de refuerzo para todos los elementos estructurales  $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ .

### Módulo de Elasticidad del Acero

Ilustración 26. Hormigón



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

- 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:**
  - 
  - 
  -

At the bottom of the dialog are two buttons:  and .

## DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA

En la tabla 45 se presentó las dimensiones de columnas, vigas y losas que se van a emplear para el análisis y diseño estructural.

Tabla 45. Secciones de Columnas, Vigas y losas

IDENTIFICACIÓN	SECCIÓN (cm)
Columna	30x35
	35x40
	40x40
	20x20
Viga	25x30
	25x35
	25x25
	20x30
	20x20
Losa Maciza	25

Fuente: Autores

## Propiedades en Vigas

Ilustración 27. Resumen de vigas y columnas empleadas

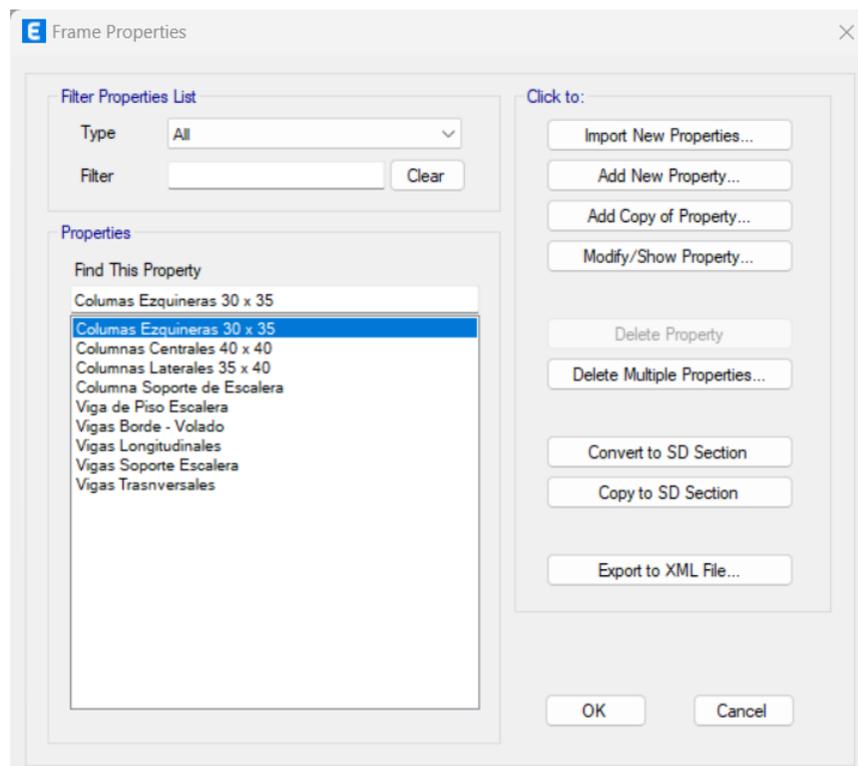


Ilustración 28. Propiedades de vigas

Property/Stiffness Modifiers for Analysis	
Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	1
Moment of Inertia about 3 axis	0,5
Mass	1
Weight	1

Ilustración 29. Propiedades de Vigas

**Design Type**

P-M2-M3 Design (Column)

M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**

Longitudinal Bars: Fy=4200 kg/cm2

Confinement Bars (Ties): Fy=4200 kg/cm2

**Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid**

Top Bars: 0,05 m

Bottom Bars: 0,05 m

**Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams**

Top Bars at I-End: 0 m<sup>2</sup>

Top Bars at J-End: 0 m<sup>2</sup>

Bottom Bars at I-End: 0 m<sup>2</sup>

Bottom Bars at J-End: 0 m<sup>2</sup>

Ilustración 30. Vigas Longitudinales

**E** Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: Vigas Longitudinales

Material:  $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 0.3 m

Width: 0.25 m

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently User Specified

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

OK  
Cancel

Ilustración 31. Vigas Transversales

**E** Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: Vigas Transversales

Material:  $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 0.35 m

Width: 0.25 m

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently User Specified

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

OK  
Cancel

Ilustración 32. Vigas de Piso de Escalera

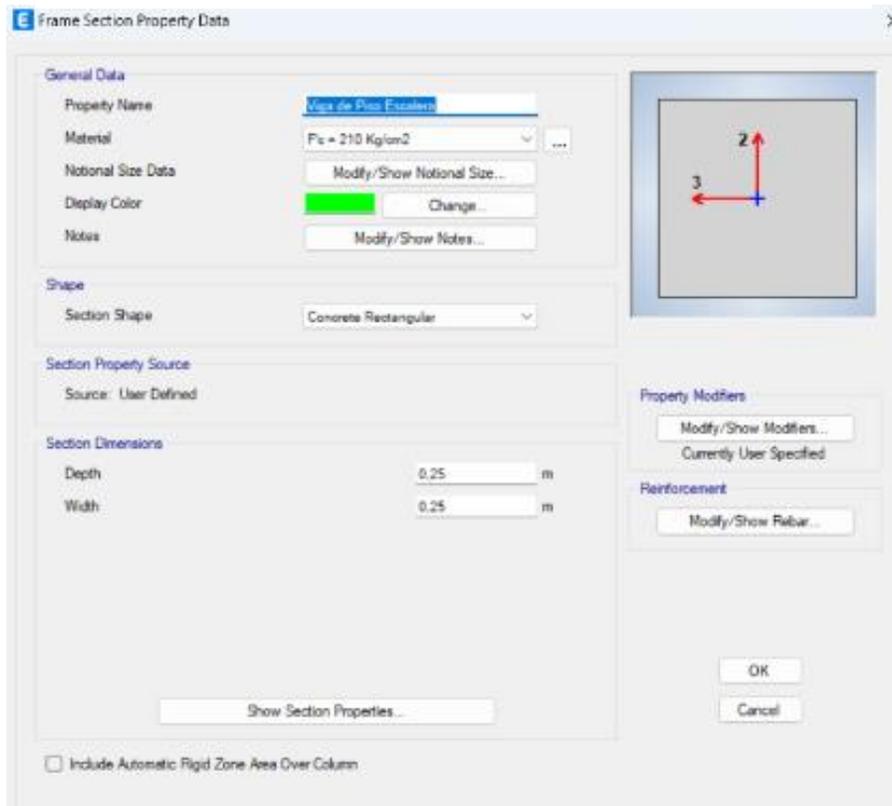


Ilustración 33. Vigas de soporte de la escalera

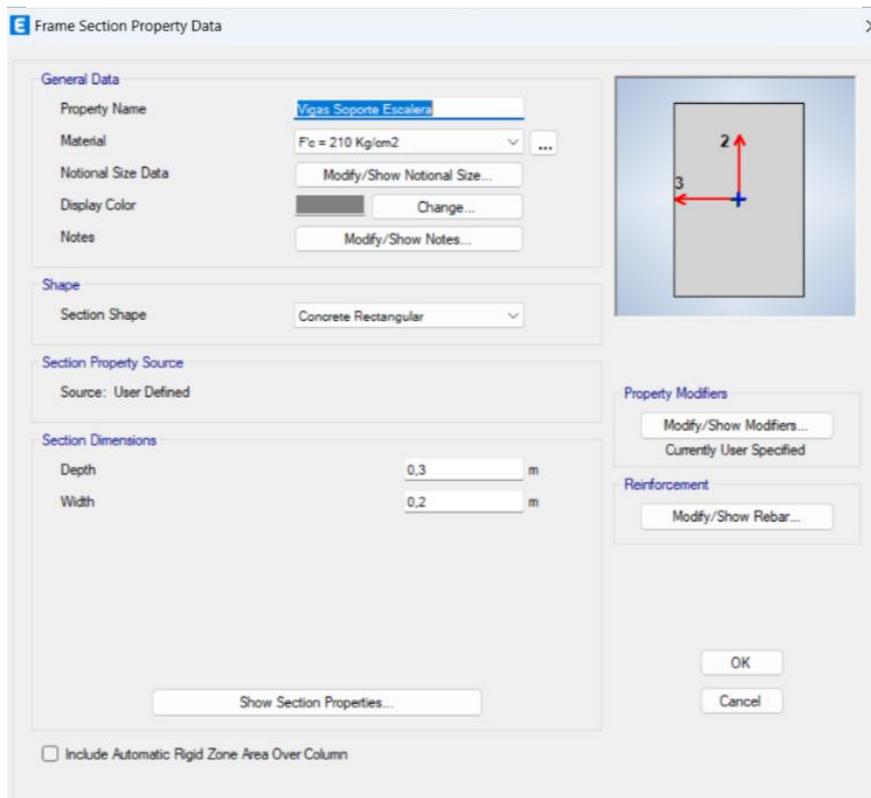
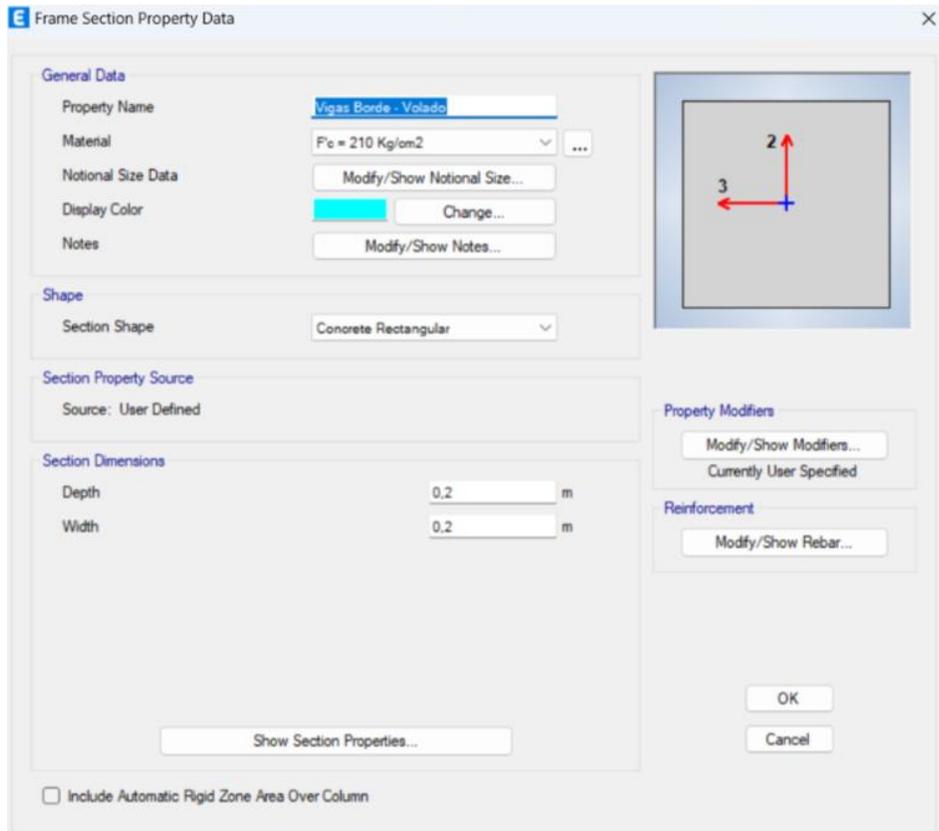


Ilustración 34. Vigas de Volado



## Propiedades en Columnas

Ilustración 35. Propiedades de las columnas

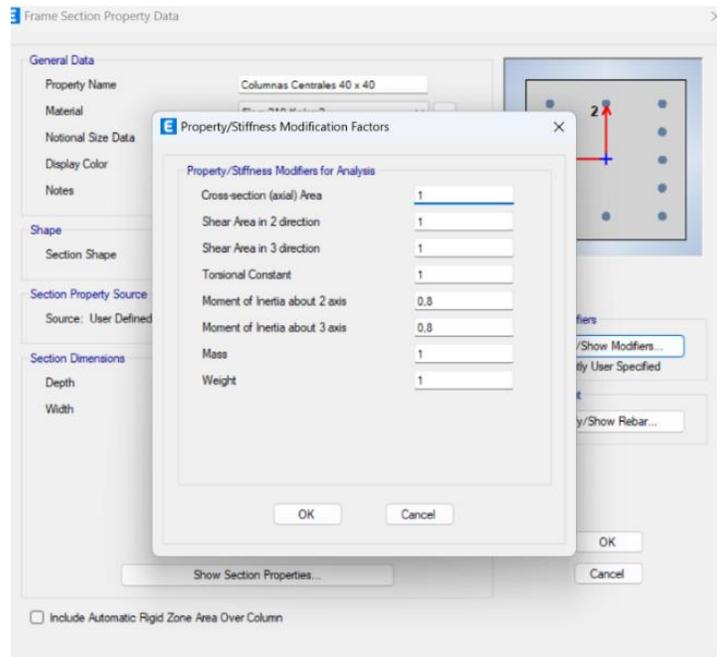


Ilustración 36. Propiedades de las columnas 40x40

**Frame Section Property Reinforcement Data**

**Design Type**  
 P-M2-M3 Design (Column)  
 M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**  
 Longitudinal Bars: Fy=4200 kg/cm2  
 Confinement Bars (Ties): Fy=4200 kg/cm2

**Reinforcement Configuration**  
 Rectangular  
 Circular

**Confinement Bars**  
 Tie  
 Spirals

**Check./Design**  
 Reinforcement to be Checked  
 Reinforcement to be Designed

**Longitudinal Bars**  
 Clear Cover for Confinement Bars: 0,04 m  
 Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face: 3  
 Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face: 5  
 Longitudinal Bar Size and Area: 20, 0,000314 m<sup>2</sup>  
 Corner Bar Size and Area: 20, 0,000314 m<sup>2</sup>

**Confinement Bars**  
 Confinement Bar Size and Area: 10, 0,000079 m<sup>2</sup>  
 Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis): 0,15 m  
 Number of Confinement Bars in 3-dir: 3  
 Number of Confinement Bars in 2-dir: 3

OK Cancel

Ilustración 37. Columnas 40x40

**Frame Section Property Data**

**General Data**  
 Property Name: Columnas Centrales 40 x 40  
 Material: Fc = 210 Kg/cm2  
 Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...  
 Display Color: Change...  
 Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**  
 Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**  
 Source: User Defined

**Section Dimensions**  
 Depth: 0,4 m  
 Width: 0,4 m

**Property Modifiers**  
 Modify/Show Modifiers...  
 Currently User Specified

**Reinforcement**  
 Modify/Show Rebar...

Show Section Properties...

OK Cancel

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Ilustración 38. Columna 35x40

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: Columnas Laterales 35 x 40

Material:  $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 0,4 m

Width: 0,35 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...  
Currently User Specified

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

OK

Cancel

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Ilustración 39. Columna 30x35

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: Columnas Esquinas 30 x 35

Material:  $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 0,35 m

Width: 0,3 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...  
Currently User Specified

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

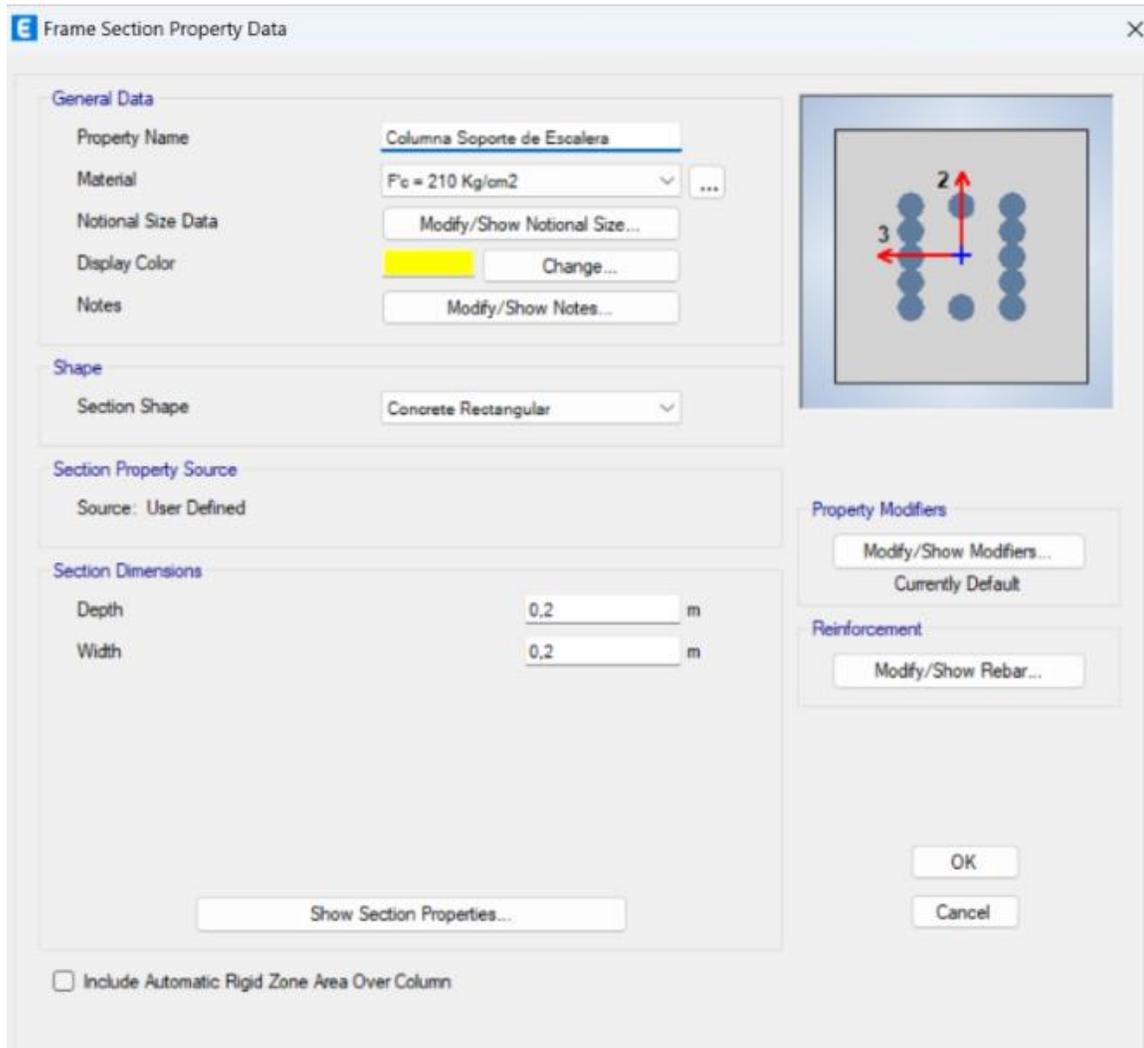
OK

Cancel

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Ilustración 40. Columna de soporte de escalera



## Propiedades en Losas

Se ingresó una losa alivianada al software ETABS, por tanto, se ingresó una losa SHELL en dos direcciones con un espesor de 25 cm.

Ilustración 41. Propiedades de Losa

**Slab Property Data**

**General Data**

Property Name	Losa Alivianada
Slab Material	F'c = 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

Ilustración 42. Propiedades de losa escalera

**Slab Property Data**

**General Data**

Property Name: Losa Escalera

Slab Material: F'c = 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: Slab

Thickness: 0,12 m

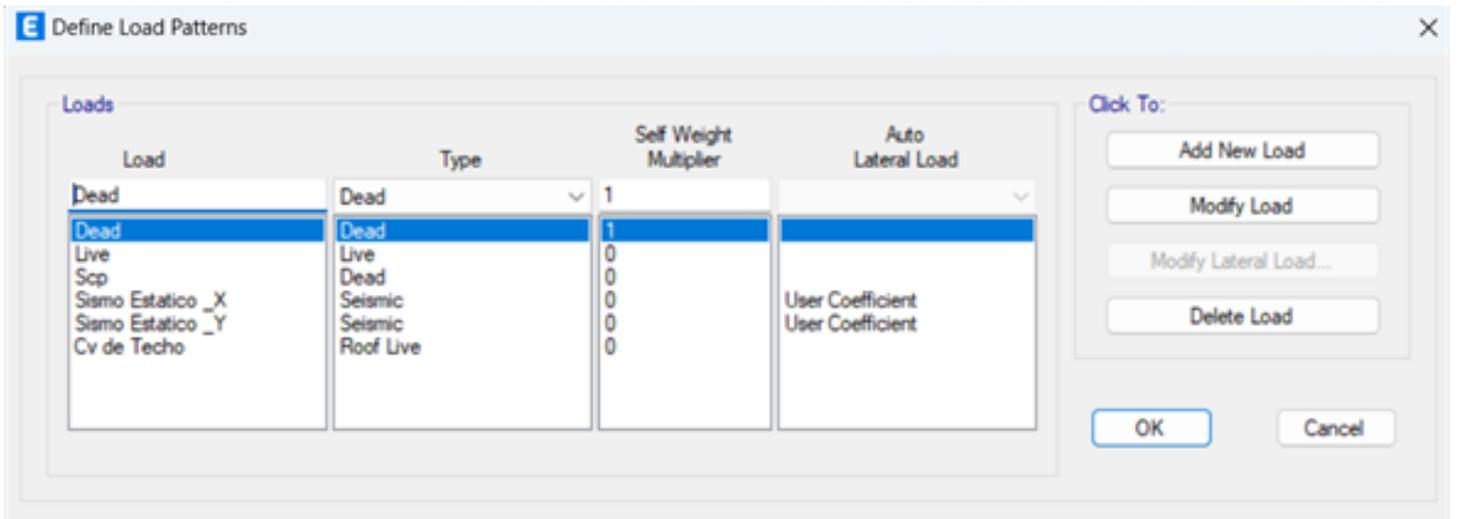
OK Cancel

## Definición de Cargas

En esta sección, se especificarán las cargas vivas, muertas y sus combinaciones que se emplearán en el programa. Estas cargas se ajustan a las normativas vigentes, incluyendo las establecidas por la Normativa Ecuatoriana de la Construcción.

Para la carga muerta, se tomará en cuenta el peso de los componentes estructurales como vigas, columnas y losas. En cuanto a las cargas vivas, se aplicarán las cargas indicadas por la normativa, así como cualquier carga adicional impuesta según los requisitos de diseño.

Ilustración 43. Definición de Cargas



## 4.2.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

### 4.2.1.1. Descripción del proceso de Análisis estructural para la ciudad de Esmeraldas

Para el análisis estructural del trabajo, se llevará a cabo una evaluación exhaustiva para determinar si los elementos estructurales propuestos, basados en el diseño arquitectónico, son adecuados para soportar las condiciones más adversas durante la vida útil de la estructura.

Se tendrán en cuenta principalmente las solicitaciones derivadas de cargas verticales (permanentes y sobrecargas), así como las solicitaciones causadas por sismos (cargas laterales estáticas y análisis modal espectral).

El análisis y diseño estructural se ajusta a las normativas NEC 2015 y al American Concrete Institute ACI 318-14.

### **Análisis por carga vertical**

Siguiendo las directrices y suposiciones de la NEC 15 para las cargas verticales, las losas se modelan como elementos tipo placa. Estos elementos transfieren su peso y cualquier sobrecarga a los nervios, que a su vez transmiten todas las cargas a las vigas.

### **Análisis Sísmico**

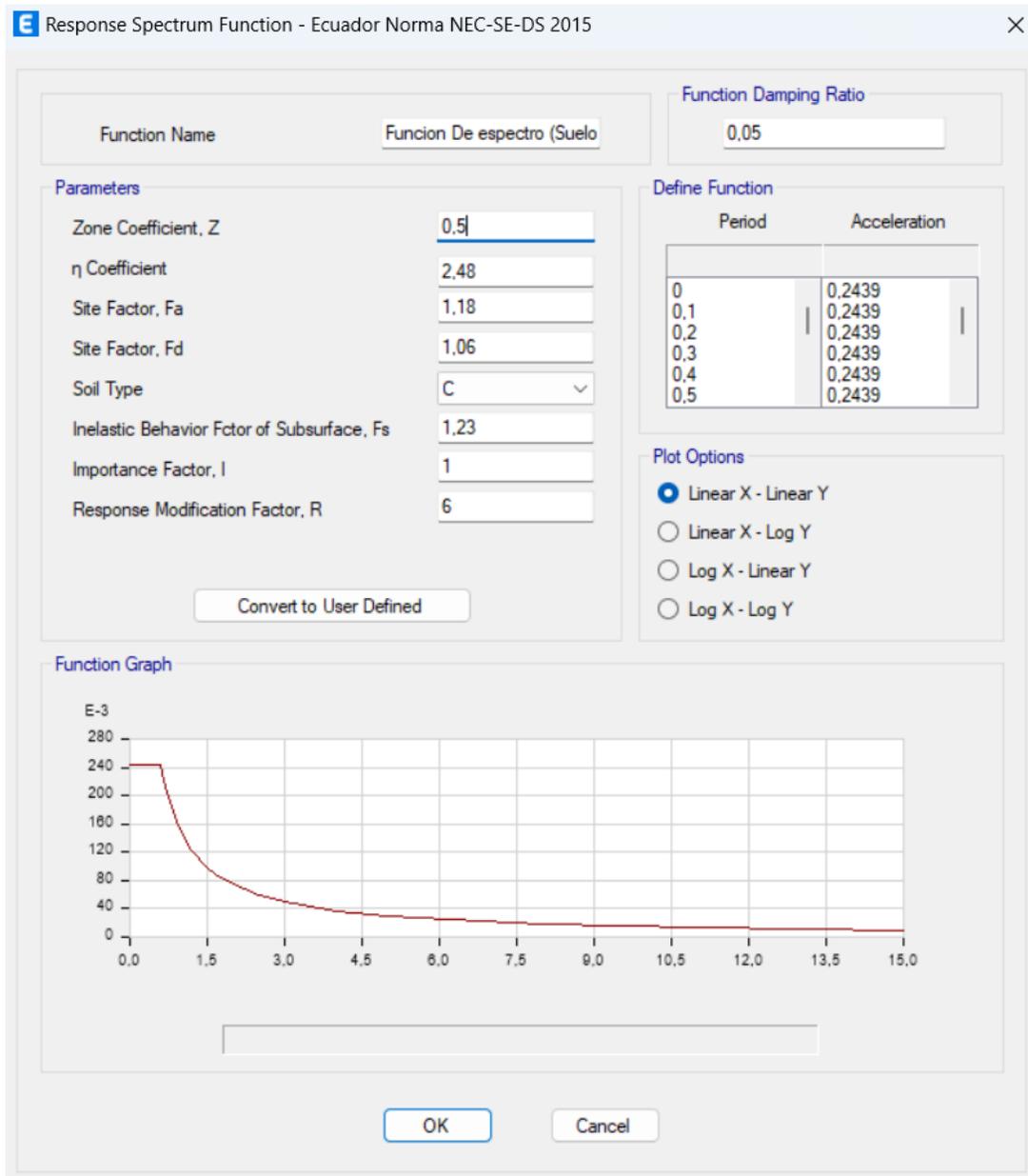
En este análisis, se cumplen los requisitos de la NEC 15, que establece las especificaciones mínimas para el cálculo y los procedimientos de diseño sismorresistente. Se abordan aspectos como el cortante basal, las deformaciones de segundo orden y el análisis dinámico modal espectral basado en el espectro inelástico. Es importante mencionar que, en el análisis sísmico, se consideran las inercias agrietadas de los elementos estructurales de hormigón, tal como lo exige la Normativa Ecuatoriana de la Construcción.

### **Determinación del Espectro de Diseño**

Las versiones más recientes del programa ETABS incluyen el capítulo de peligro sísmico de la NEC 15, lo que permite generar automáticamente el espectro de diseño al ingresar los datos necesarios. En este caso, el espectro se generó para un tipo de perfil de suelo C, que corresponde a la ciudad de Esmeraldas.

En la Ilustración 45 se puede observar el valor de  $R=6$ , el cual ha sido ajustado con un factor de irregularidad en planta de 0,9.

Ilustración 44. Espectro de diseño de la ciudad de Esmeraldas



Podemos observar en la Ilustración 47 nuestra aceleración Máxima es 0.2439 y este valor lo ingresaremos para la carga sísmica considerando las excentricidades y el valor de aceleración máxima esperada y revisar el valor de K.

## Determinación del Cortante Basal

Los valores para determinar se presentan en la tabla 46 para la ciudad de **Esmeraldas**.

Tabla 46. Carga sísmica para la ciudad de Esmeraldas

<b>CARGA SISMICA (ESMERALDAS)</b>			
<b>CARGA SISMO (NEC-15-NEC-SE-DS(PELIGRO SISMICO))</b>			
	<b>VALOR</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>	<b>REFERENCIA</b>
COEFICIENTE CT	0,055	<b>Relación de la costa MUY ALTA</b>	SEC 6.3.3.a
ALTURA DEL EDIFICIO (HN)	12		PLANOS ARQ.
COEFICIENTE $\alpha$	0,9		SEC 6.3.3 a
PERIODO NATURAL DE VIBRACIÓN	0,51		SEC 6.3.3 a
FACTOR DE IMPORTANCIA (I)	1		TABLA 6, SEC 6.3.4
FACTOR DE REDUCCION DE RESPUESTA	6		
RELACION DE AMPLIFICACION ESPECTRAL	2,48		SEC 3.3.1
ZONA SISMICA	V		TABLA 1 SEC 3.1.1
FACTOR DE ZONA (Z)	0,5		
TIPO DE SUELOS	C		
FACTOR DE SITIO (Fa)	1,18		TABLA 3 SEC 3.2.2 A
FACTOR DE SITIO (Fd)	1,06		TABLA 3 SEC 3.2.2 B
FACTOR DE COMPORTAMIENTO INELASTICO (Fs)	1,23		TABLA 3 SEC 3.2.2 C
FACTOR EN EL ESPECTRO PARA DISEÑO ELASTICO $r$	1		SEC 3.3.1
PERIODO TC	0,61		
ACELERACION ESPECTRAL (Sa)	1,4632		SEC 5.3.3
FACTOR DE IRREGULARIDAD EN PLANTA	0,9		
FACTOR DE IRREGULARIDAD EN ELEVACION	1		

El período de vibración de una estructura puede calcularse de forma aproximada utilizando la siguiente fórmula:

Para pórticos especiales de concreto armado que no cuentan con muros estructurales ni diagonales rigidizadores, se utilizan los valores  $C_t = 0,055$  y  $\alpha = 0,9$ .

El período máximo de vibración de la estructura se ajusta según la NEC 15, incrementando el período calculado en un 30%. Es importante que el período fundamental de la estructura sea inferior a este valor ajustado.

Dado que el valor de T es menor a 0,5, se puede elegir un valor de K igual a 1.

Ilustración 46. Carga Sísmica en sentido X

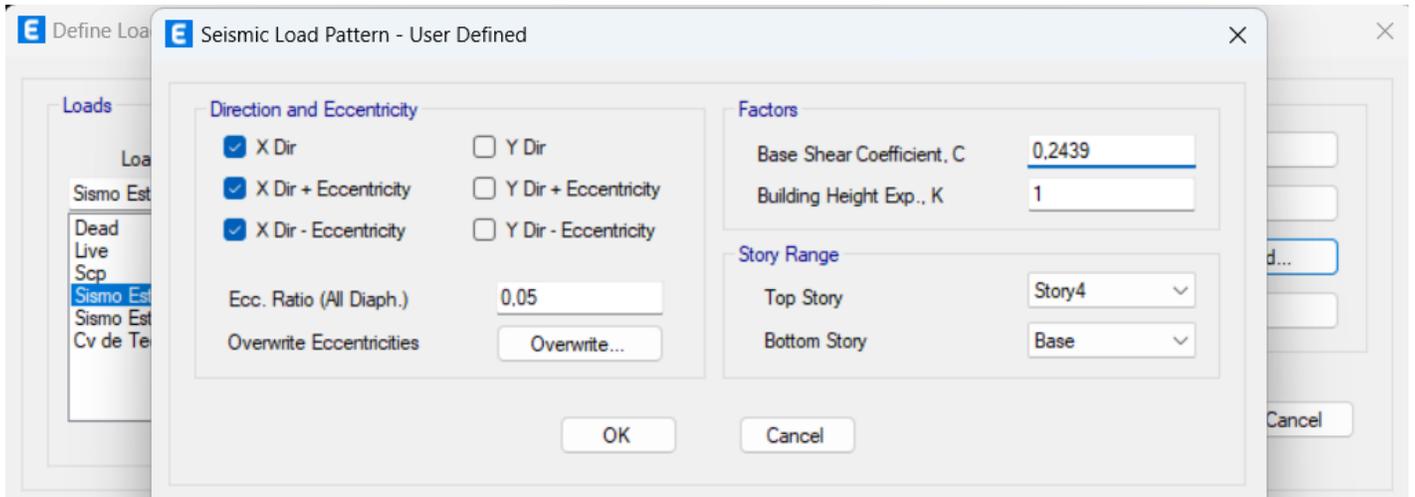
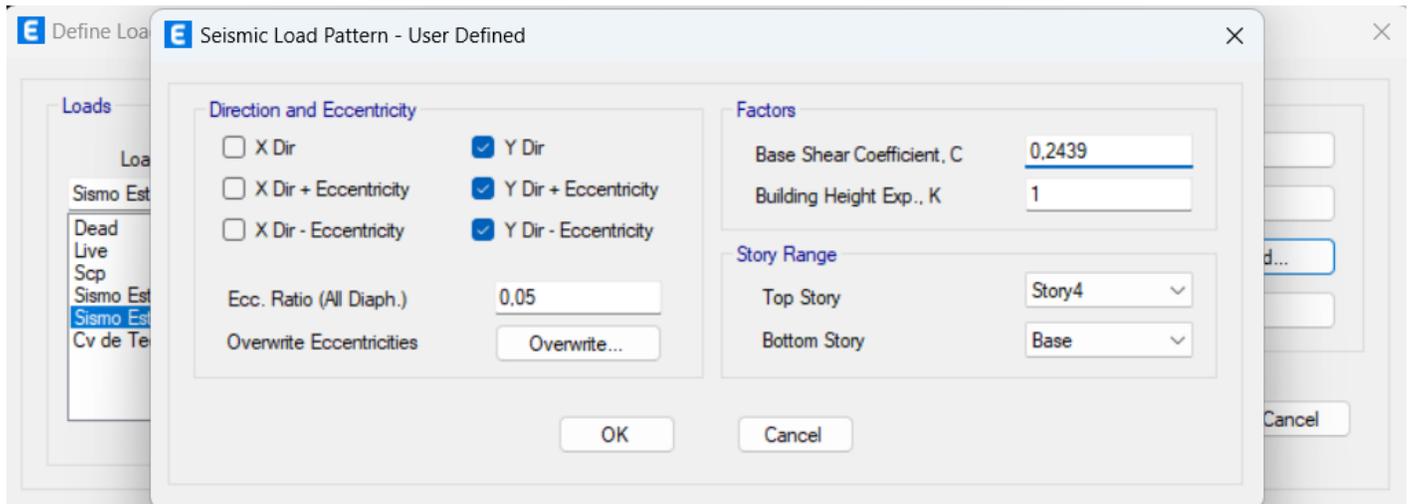


Ilustración 45. Carga Sísmica en sentido Y



## Análisis Dinámico Lineal

El análisis dinámico se lo realiza respectivamente con el espectro calculado de la NEC 15.

Se debe considerar 100% en el sentido X y 30% en el sentido Y, las diferencias de sentidos están directamente relacionada a la función del espectro de diseño

Ilustración 47. Sismo DX

**E Load Case Data** [X]

**General**

Load Case Name:  [Design...]

Load Case Type:  [Notes...]

Mass Source:

Analysis Model:

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Funcion De espectro	9,81
Acceleration	U2	Funcion De espectro	2,94

[Add] [Delete] [Advanced]

**Other Parameters**

Modal Load Case:

Modal Combination Method:

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type:

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping:  [Modify/Show...]

Diaphragm Eccentricity:  [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Ilustración 48. Sismo DY

**E Load Case Data** [X]

**General**

Load Case Name:  [Design...]

Load Case Type:  [Notes...]

Mass Source:

Analysis Model:

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	Funcion De espectro	9,81
Acceleration	U1	Funcion De espectro	2,94

[Add] [Delete] [Advanced]

**Other Parameters**

Modal Load Case:

Modal Combination Method:

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type:

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping:  [Modify/Show...]

Diaphragm Eccentricity:  [Modify/Show...]

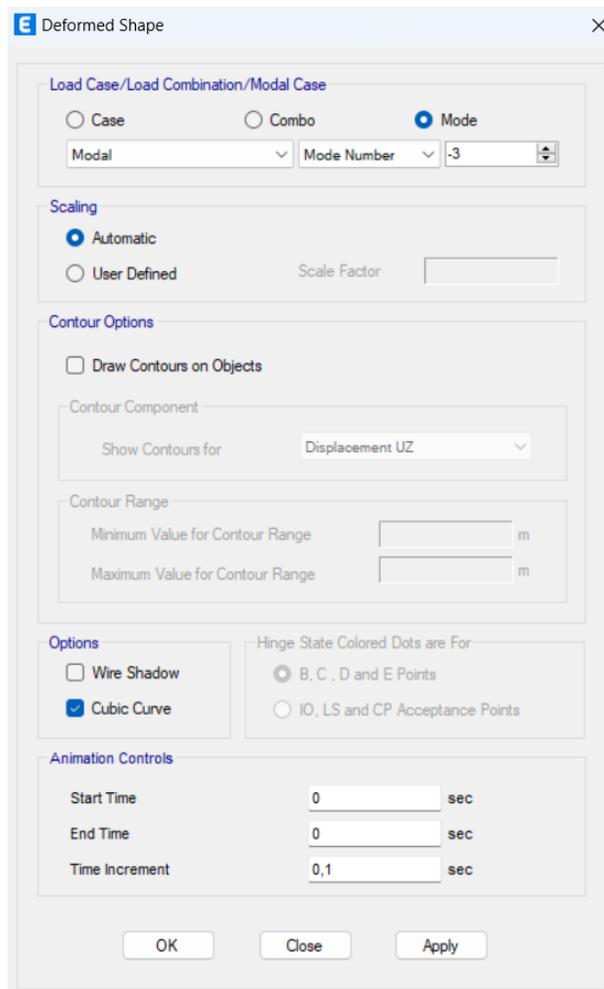
[OK] [Cancel]

## CONTROL DE RESPUESTAS ESTRUCTURALES

### A. PERIODOS DE VIBRACIÓN, DESPLAZAMIENTOS Y TORSIÓN

El período de vibración se refiere al tiempo que toma una estructura en completar una oscilación completa entre dos puntos equivalentes. Es recomendable centrarse en los dos primeros modos de vibración para asegurarse de que más del 70% de la masa participe en la dirección predominante, con una rotación no mayor al 10%. Este análisis garantiza que la estructura se comporte de manera traslacional y evita la torsión, lo que es crucial para prevenir la torsión en planta, un fenómeno que podría llevar al colapso del edificio durante un sismo.

*Ilustración 49. Periodos de Vibración*

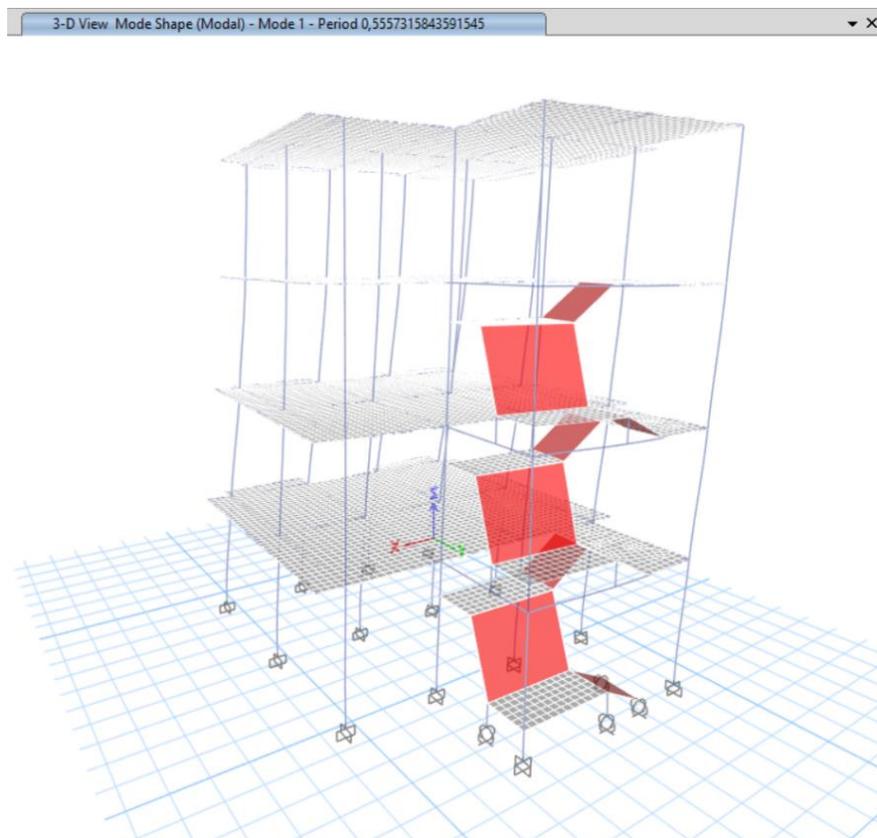


Los periodos de vibración se multiplican por 3 grados de libertad es por tal razón que nos da como resultado un total de 12 modos de vibración.

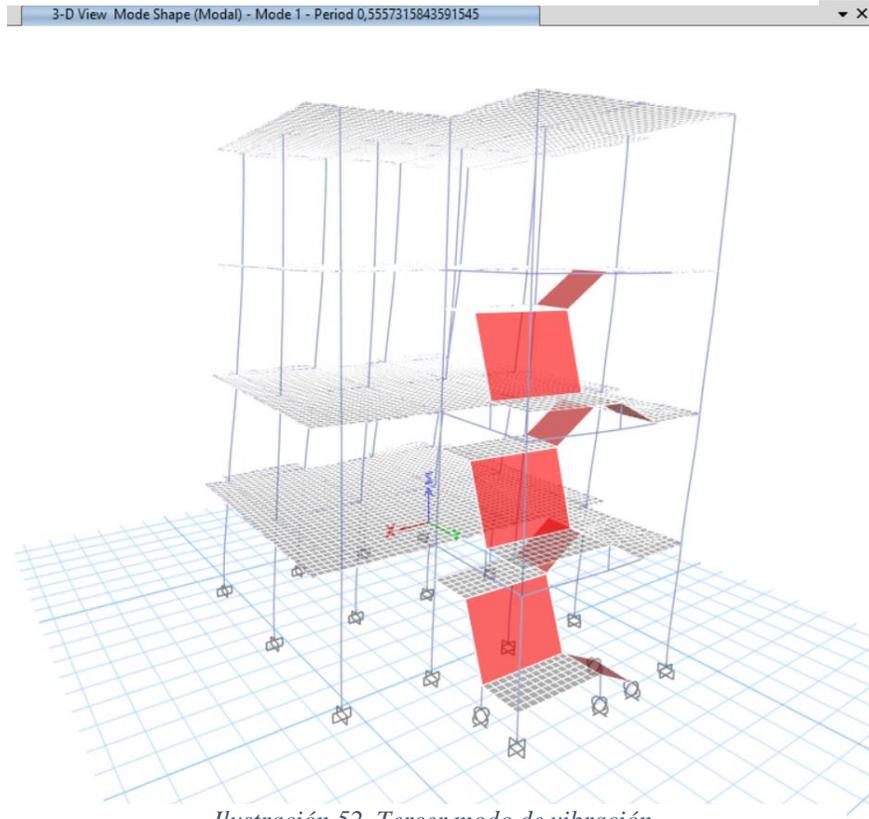
Tabla 47. Control de periodos Esmeraldas

<b>PERIODO DE VIBRACIÓN ESMERALDAS</b>	
<b>Modo</b>	<b>Periodo</b>
	<b>sec</b>
1	0,556
2	0,542
3	0,364
4	0,185
5	0,177
6	0,153
7	0,106
8	0,101
9	0,084
10	0,076
11	0,073
12	0,058

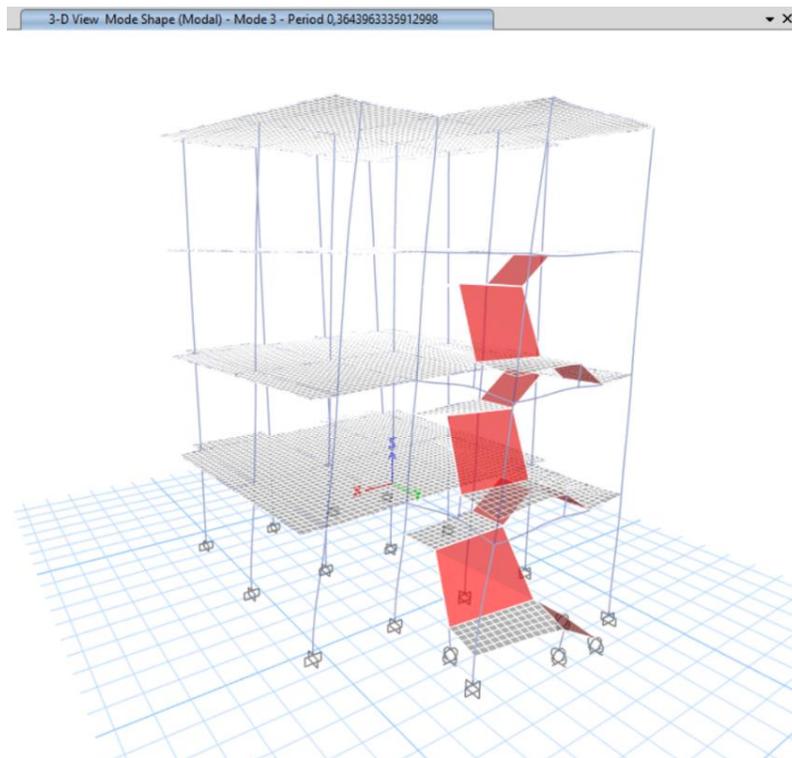
Ilustración 50. Resultado Primer Modo de Vibración



*Ilustración 51. Segundo Periodo de Vibración*



*Ilustración 52. Tercer modo de vibración*



El número de modos de vibración a considerar en el análisis será aquel que asegure que la suma de las masas participativas de los primeros N modos supere el noventa por ciento (90%) de la masa total del edificio en cada dirección.

*Tabla 48. Participación Modal Ciudad Esmeraldas*

Case	Mode	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0,0152	0,1333	0,2651
Modal	2	0,2053	0,1361	0,3563
Modal	3	0,2219	0,2061	0,8316
Modal	4	0,7797	0,252	0,8316
Modal	5	0,7971	0,6388	0,8645
Modal	6	0,8063	0,792	0,9343
Modal	7	<b>0,9115</b>	<b>0,7944</b>	<b>0,9349</b>
Modal	8	<b>0,915</b>	<b>0,8504</b>	<b>0,9495</b>
Modal	9	<b>0,915</b>	<b>0,9187</b>	<b>0,9619</b>
Modal	10	<b>0,9579</b>	<b>0,9187</b>	<b>0,9629</b>
Modal	11	<b>0,9591</b>	<b>0,9423</b>	<b>0,9681</b>
Modal	12	<b>0,9738</b>	<b>0,9466</b>	<b>0,9718</b>

*Tabla 49. Revisión de torsión en Esmeraldas*

Case	Moda	UX	UY	UZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ	% Torsión
Modal	1	0,52	0,06	0,000	0,0152	0,1333	0,2651	44%
Modal	2	0,01	0,73	0,000	0,2053	0,1361	0,3563	75%
Modal	3	0,31	0,03	0,000	0,2219	0,2061	0,8316	22%

Tabla 50. Desplazamientos inelásticos SX Esmeraldas

CIUDAD ESMERALDAS	
ESPECTRO Max	
Dirección Estático X	
ALTURA PISO (CM)	DESPLAZAMIENTO INELÁSTICO
0	0,278
300	0,787
600	1,893
900	2,678
1200	3,266

Ilustración 53. Desplazamiento inelástico SX Esmeraldas

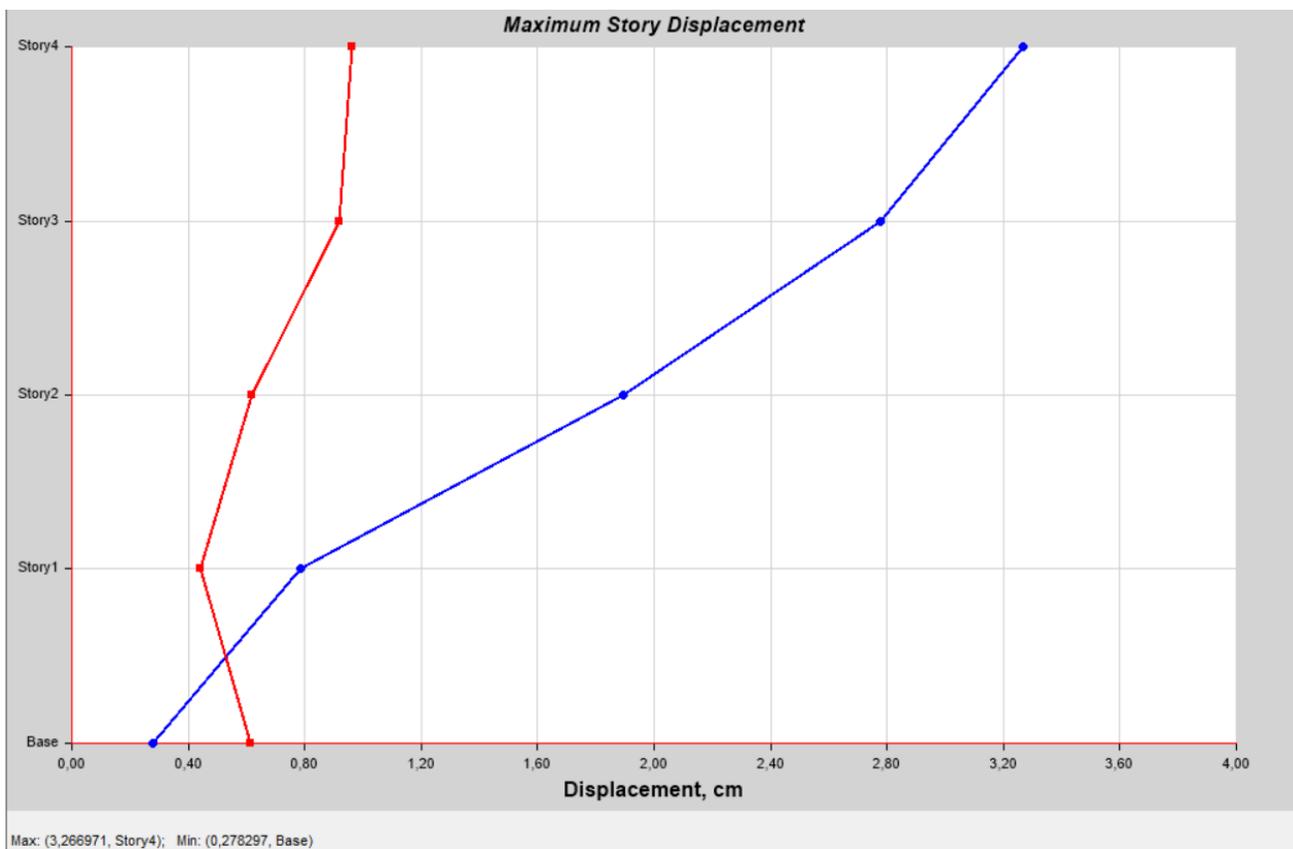


Tabla 51. Desplazamientos Máx. y Min Esmeraldas

Desplazamiento Máximo	3,266
Desplazamiento Mínimo	0,278

Tabla 52. Desplazamientos Inelásticos SY Esmeraldas

CIUDAD ESMERALDAS	
ESPECTRO Max	
Dirección Estático Y	
ALTURA PISO (CM)	DESPLAZAMIENTO INELÁSTICO
0	0,126
300	0,749
600	1,712
900	2,493
1200	2,998

Ilustración 54. Desplazamiento Inelástico SY Esmeraldas

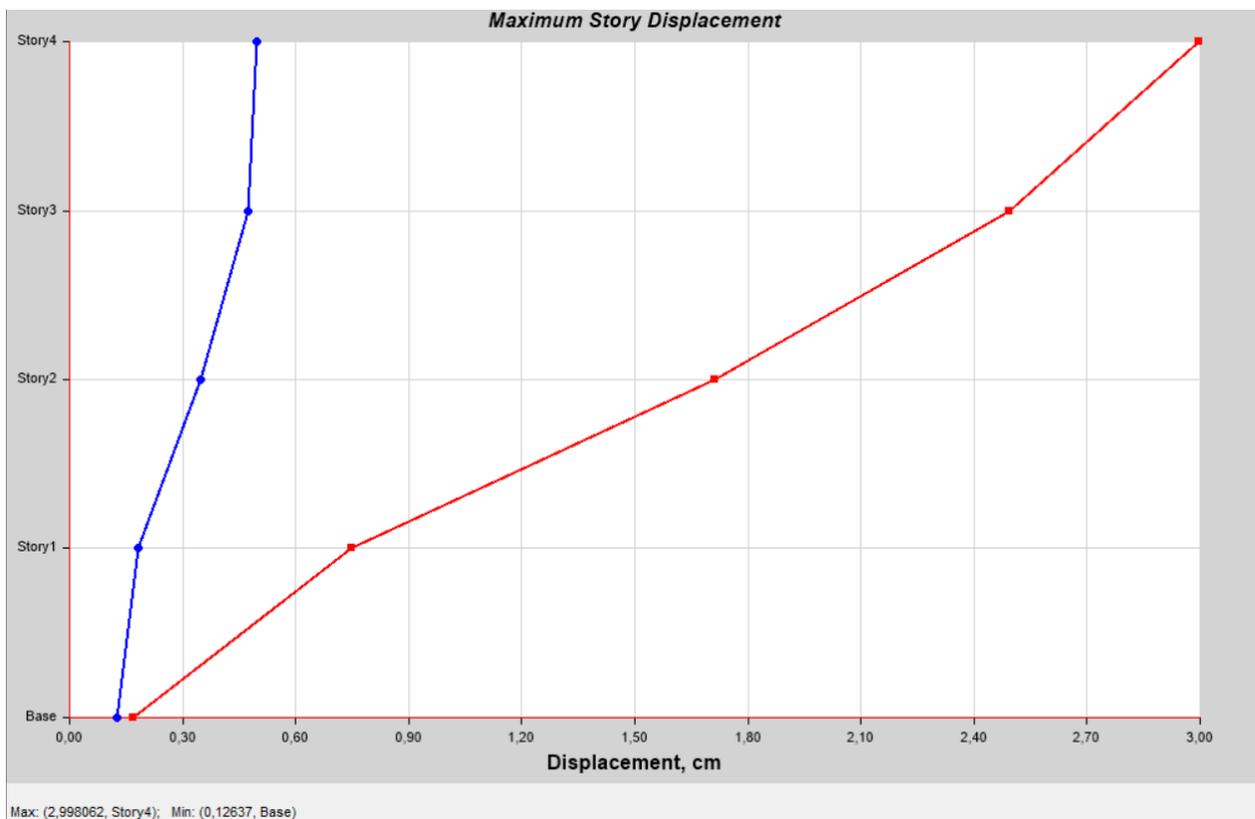


Tabla 53. Desplazamiento Máx. y Min. Esmeraldas

<b>Desplazamiento Máximo</b>	2,998
<b>Desplazamiento Mínimo</b>	0,126

Tabla 54. Desplazamiento Dirección Sismo Dx Esmeraldas

CIUDAD ESMERALDAS	
ESPECTRO Max	
Dirección Sismo Dx	
ALTURA PISO (CM)	DESPLAZAMIENTO INELÁSTICO
0	0,267
300	0,765
600	1,809
900	3,623
1200	3,077

Ilustración 55. Desplazamientos Máximos Sismo Dx Esmeraldas

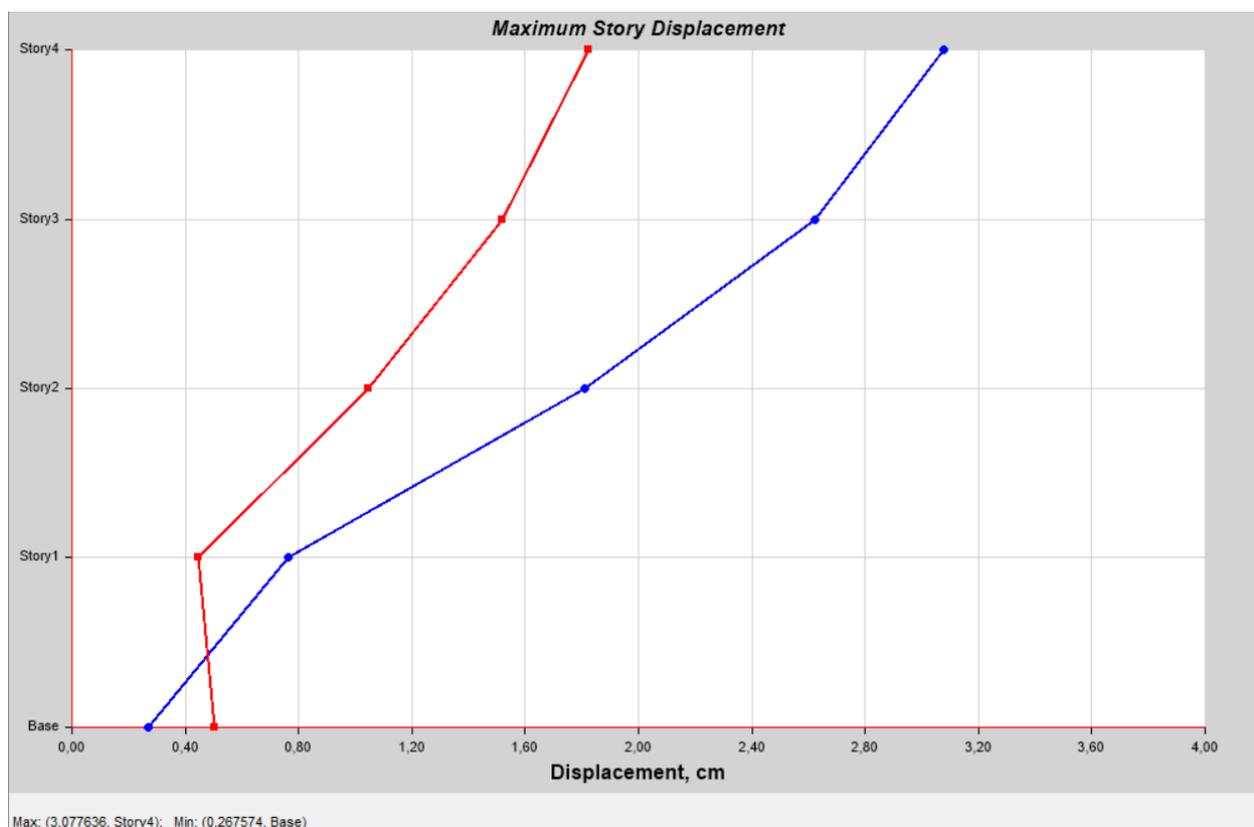


Tabla 55. Desplazamientos Máx. y Min Esmeraldas

<b>Desplazamiento Máximo</b>	3,077
<b>Desplazamiento Mínimo</b>	0,267

Tabla 56. Desplazamientos Dirección Dy Esmeraldas

CIUDAD ESMERALDAS	
ESPECTRO Max	
Dirección Sismo Dy	
ALTURA PISO (CM)	DESPLAZAMIENTO INELÁSTICO
0	0,1451
300	0,642
600	1,761
900	2,389
1200	2,866

Ilustración 56. Desplazamientos Máximos Sismo Dy Esmeraldas

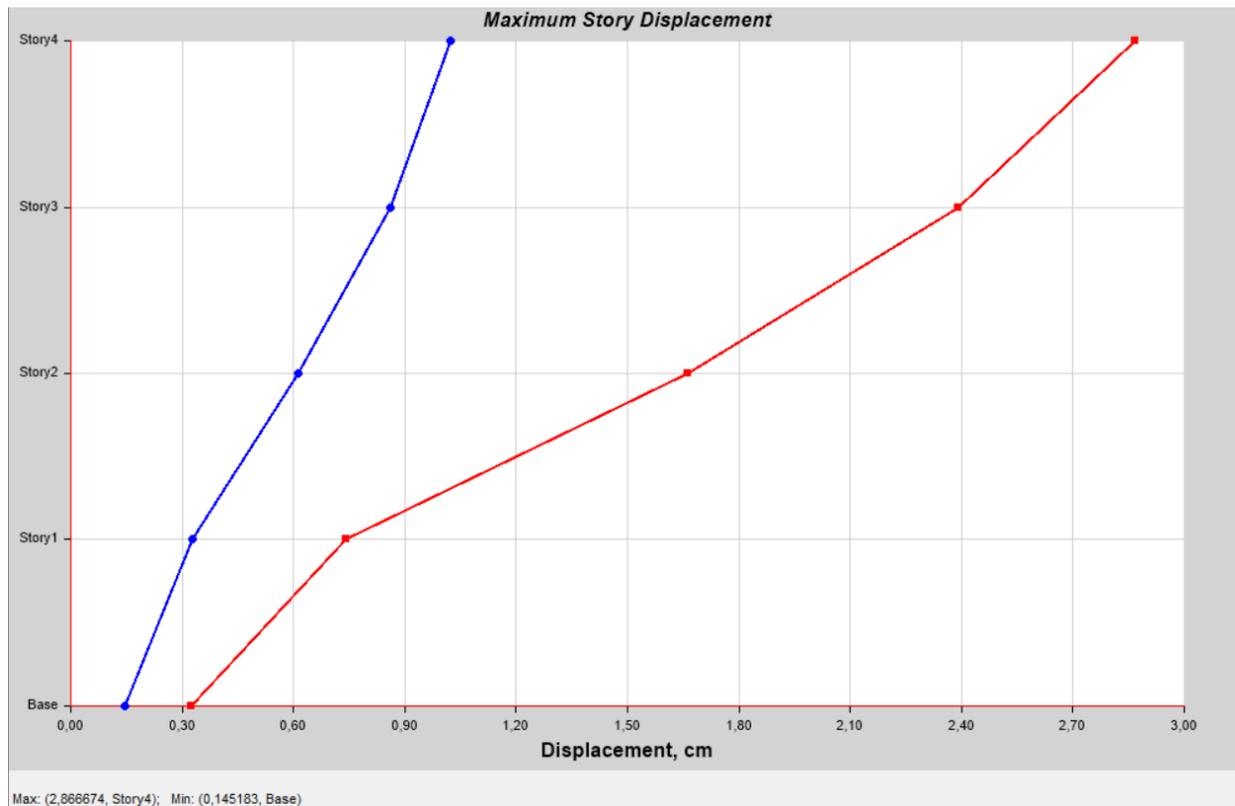


Tabla 57. Resumen Desplazamientos Máx. y Min Esmeraldas

<b>Desplazamiento Máximo</b>	2,866
<b>Desplazamiento Mínimo</b>	0,1451

## B. Derivas

Tabla 58. Derivas Inelásticas Esmeraldas

DIRECCIÓN	DERIVAS					D. INELÁSTICA $\Delta M$	CONDICIÓN $\Delta M < 0,02$	%
X	Caso_Estático	0,004224	Caso_Dinámico	0,003486	<b>0,004224</b>	0,019008	CUMPLE	1,90%
Y	Caso_Estático	0,003676	Caso_Dinámico	0,003069	<b>0,003676</b>	0,016542	CUMPLE	1,65%

En la ilustración 58 se muestra la máxima deriva correspondiente al sismo estático en x. El valor es Drift = 0,004224, se lo reemplaza en la siguiente ecuación para obtener la deriva inelástica que debe ser menor que el 2%. De la Ecuación se obtiene  $\Delta = 0,004224 * 0,75 * 6 * 100 = 1,90\%$ , por lo tanto, CUMPLE con la exigencia de la normativa.

Tabla 59. Deriva Máxima SX Esmeraldas

<b>Dirección Sismo Estático X</b>
<b>Deriva Máxima</b>
0,004224

Ilustración 57. Deriva Máxima Sx Esmeraldas



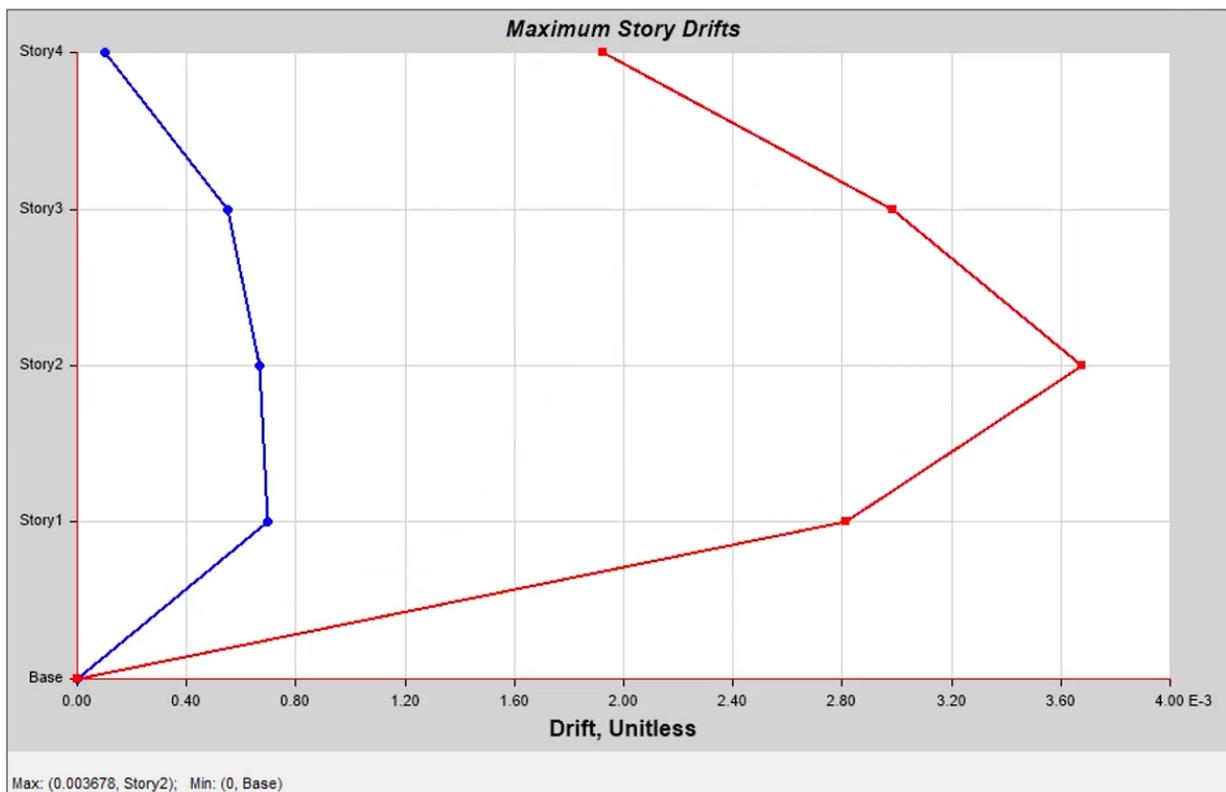
En la ilustración 59 se muestra la máxima deriva correspondiente al sismo estático en Y. El valor es  $\text{Drift} = 0,003676$ , se lo reemplaza en la siguiente ecuación para obtener la deriva inelástica que debe ser menor que el 2%.

De la Ecuación se obtiene  $\Delta = 0,003676 * 0,75 * 6 * 100 = 1,65\%$ , por lo tanto, CUMPLE con la exigencia de la normativa.

Tabla 60. Deriva máxima SY Esmeraldas

<b>Dirección Sismo Estático Y</b>
<b>Deriva Máxima</b>
0,003676

Ilustración 58. Deriva máxima SY Esmeraldas

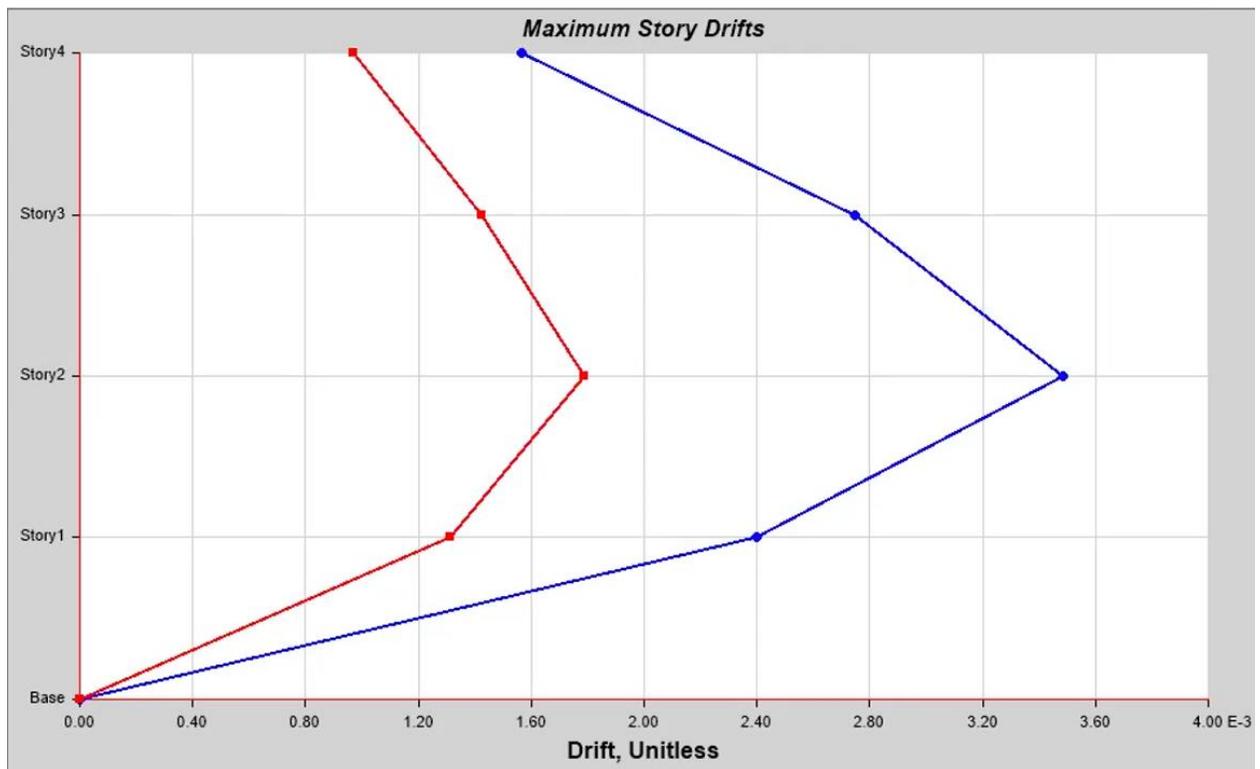


En la ilustración 60 se muestra la máxima deriva correspondiente al sismo Dinámico en X. El valor es Drift = 0,003486, se compara con el valor obtenido del sismo estático en X y el mayor entre los dos se ingresa en la ecuación, siendo el mayor el sismo estático en x.

Tabla 61. Deriva Máxima Dx Esmeraldas

<b>Dirección Sismo Dinámico X</b>
<b>Deriva Máxima</b>
0,003486

Ilustración 59. Deriva máxima Dx Esmeraldas

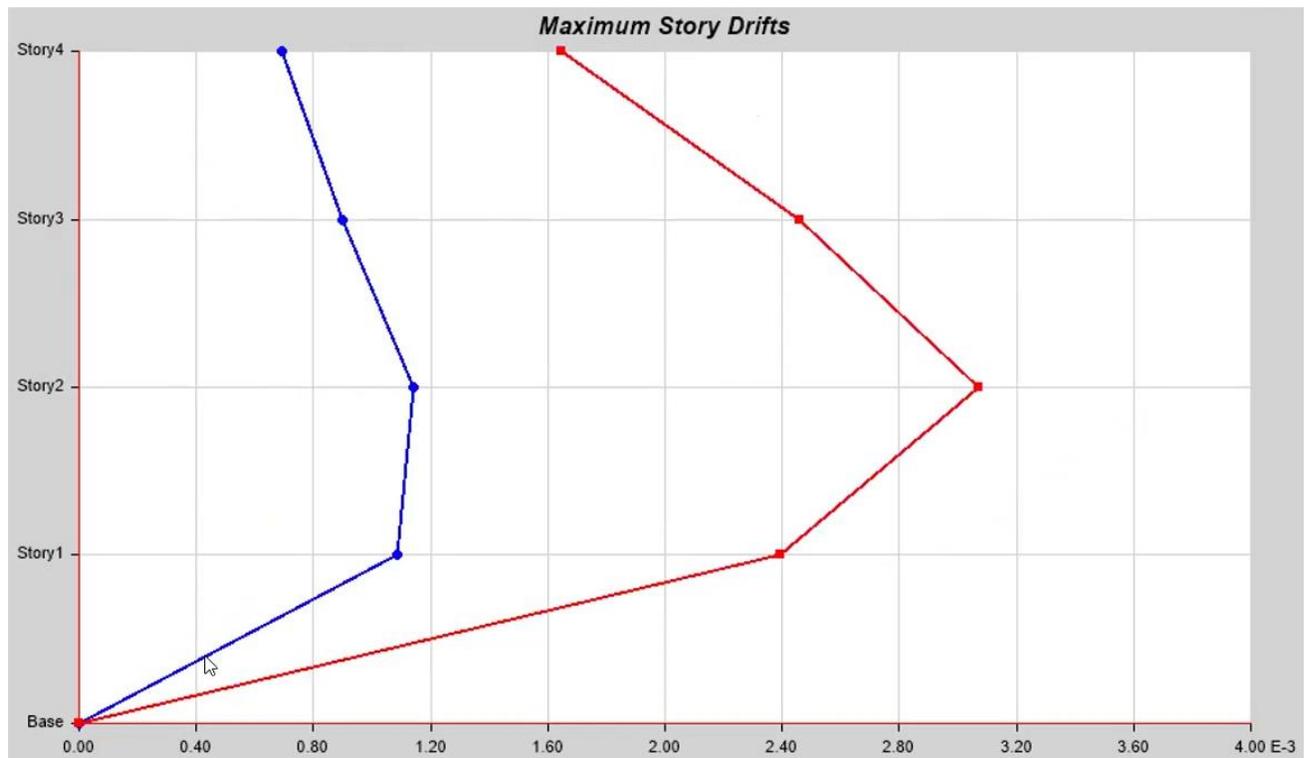


En la ilustración 61 se muestra la máxima deriva correspondiente al sismo Dinámico en Y. El valor es Drift = 0,003069, se compara con el valor obtenido del sismo estático en Y el mayor entre los dos se ingresa en la ecuación, siendo el mayor el sismo estático en Y.

Tabla 62. Deriva máxima DY Esmeraldas

<b>Dirección Sismo Dinámico Y</b>
<b>Deriva Máxima</b>
0,003069

Ilustración 60. Deriva máxima DY Esmeraldas



### C. Cortante Basal

Tabla 63. Cortante Basal Esmeraldas

CORTANTE BASAL						
Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	FX	FY	FZ
				tonf	tonf	tonf
Sismo Estático _X	LinStatic	Step By Step	1	-51,3598	0	0
Sismo Estático _Y	LinStatic	Step By Step	3	0	-51,3598	0
Sismo DX	LinRespSpec	Max		32,8839	14,6334	0
Sismo DY	LinRespSpec	Max		12,4398	41,7443	0

Tabla 64. Cortante Basal Estático Sentido X Y

V_ESTX	V_ESTY
51,3598	51,3598

Tabla 65. Cortante Basal Dinámico Sentido X Y

VDINX	>0.9	VESTX
32,8839		46,22382
NO CUMPLE		
1,30392		

Tabla 66. Cortante Basal Dinámico X

V_DINX	V_DINY
32,8839	41,7443

Tabla 67. Cortante basal dinámico y estático

VDINY	>0,9	VESTY
41,7443		46,22382
NO CUMPLE		
1,10731		

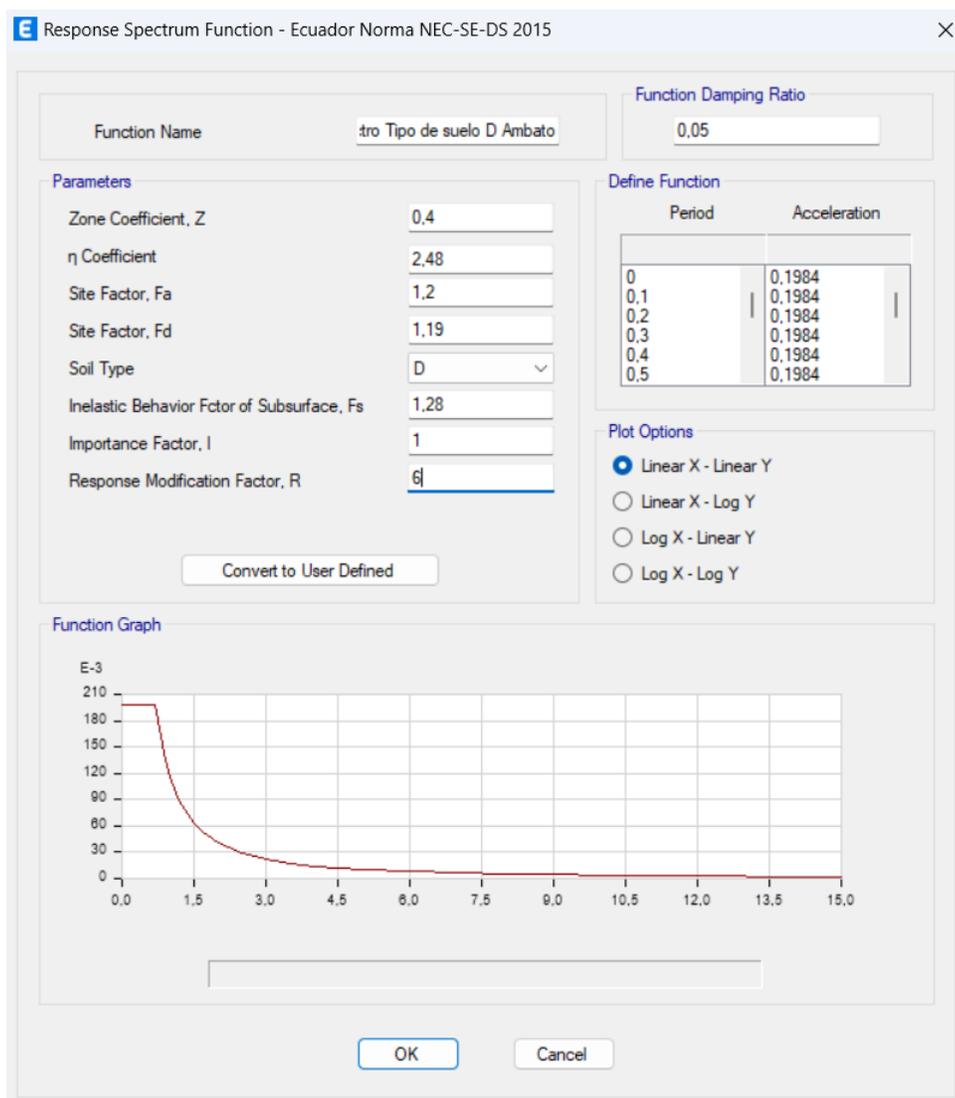
#### 4.2.1.2.Descripción del proceso de Análisis estructural para la ciudad de Ambato

### CONTROL DE RESPUESTAS ESTRUCTURALES

#### Espectro de diseño Ambato

Determinamos el Espectro de diseño para la ciudad de Ambato con el mismo procedimiento que realizamos para la ciudad de esmeraldas, como observamos en la ilustración 53 una aceleración máxima de 0,1984.

Ilustración 61. Espectro de Diseño Ambato

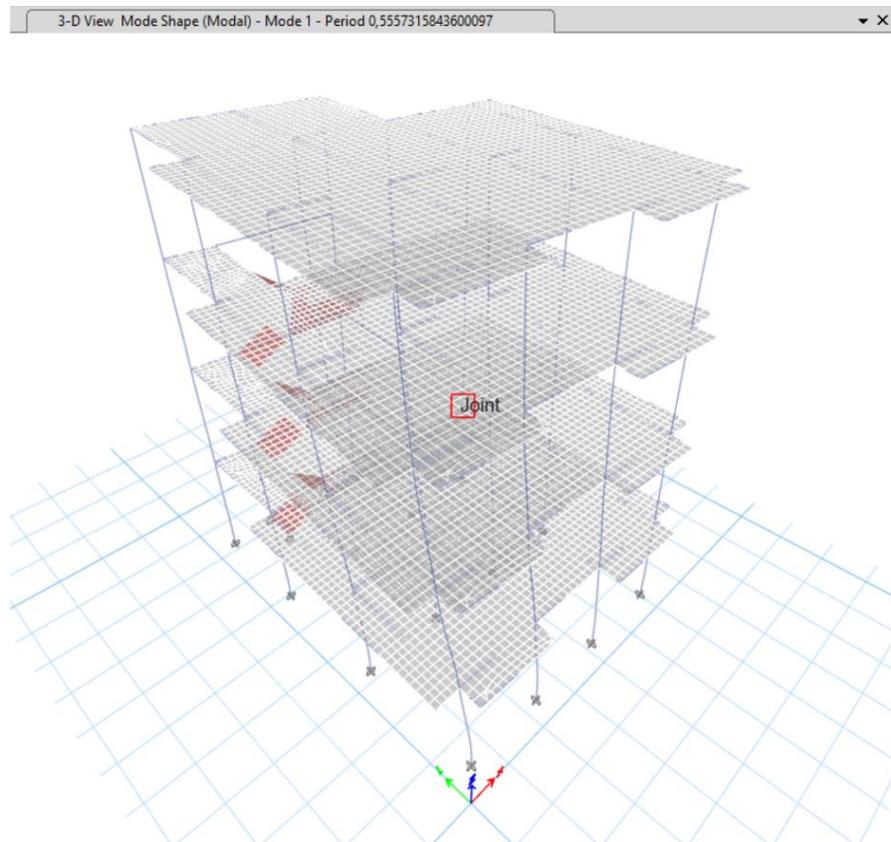


## A. PERIODOS DE VIBRACIÓN, DESPLAZAMIENTOS Y TORSIÓN

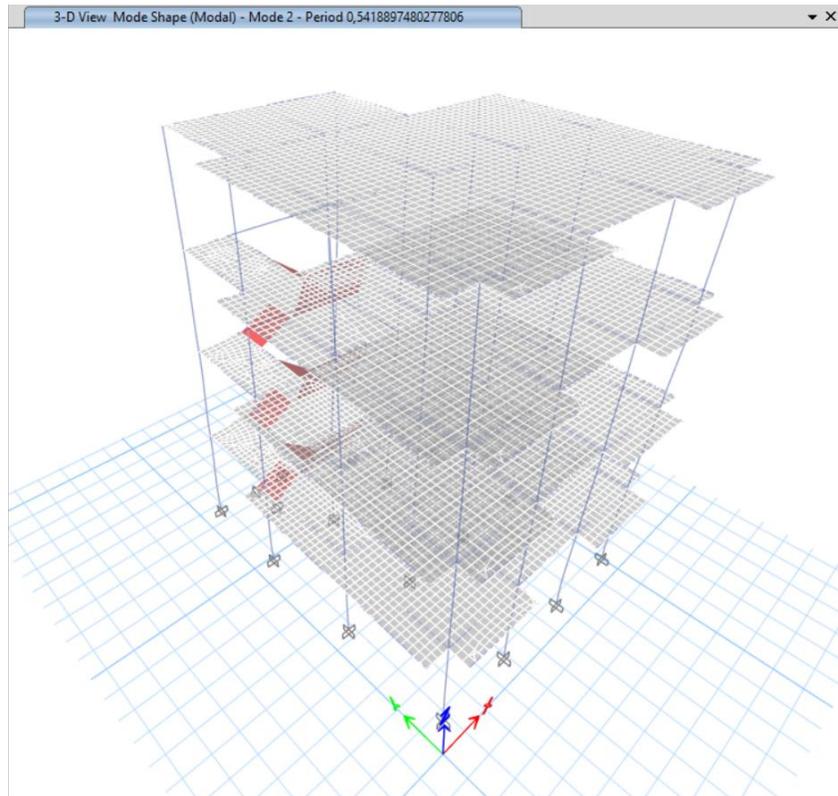
Tabla 68. Periodo de vibración Ambato

PERIODO DE VIBRACIÓN AMBATO		
Case	Modo	Periodo
		sec
Modal	1	0,556
Modal	2	0,542
Modal	3	0,364
Modal	4	0,185
Modal	5	0,177
Modal	6	0,153
Modal	7	0,106
Modal	8	0,101
Modal	9	0,084
Modal	10	0,076
Modal	11	0,073
Modal	12	0,058

Ilustración 62. Modo 1 de vibración Ambato



*Ilustración 63. Modo 2 de vibración Ambato*



*Ilustración 64. Modo 3 de vibración Ambato*

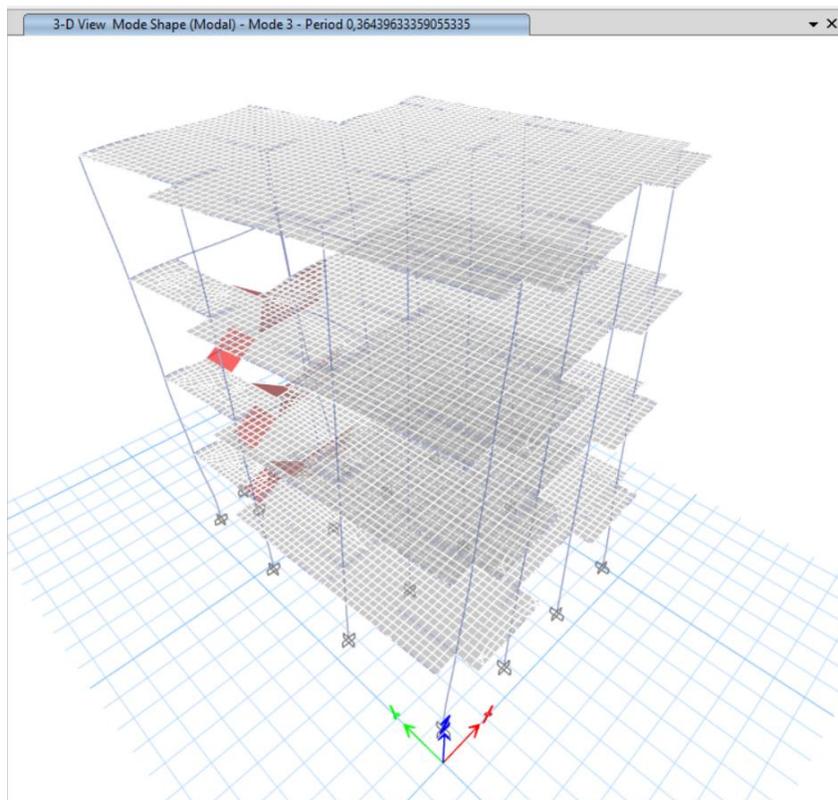


Tabla 69. Participación Modal Ciudad Ambato

Case	Mode	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0,0152	0,1333	0,2651
Modal	2	0,2053	0,1361	0,3563
Modal	3	0,2219	0,2061	0,8316
Modal	4	0,7797	0,252	0,8316
Modal	5	0,7971	0,6388	0,8645
Modal	6	0,8063	0,792	0,9343
Modal	7	<b>0,9115</b>	<b>0,7944</b>	<b>0,9349</b>
Modal	8	<b>0,915</b>	<b>0,8504</b>	<b>0,9495</b>
Modal	9	<b>0,915</b>	<b>0,9187</b>	<b>0,9619</b>
Modal	10	<b>0,9579</b>	<b>0,9187</b>	<b>0,9629</b>
Modal	11	<b>0,9591</b>	<b>0,9423</b>	<b>0,9681</b>
Modal	12	<b>0,9738</b>	<b>0,9466</b>	<b>0,9718</b>

Tabla 70. Revisión Efecto torsional Ambato

Case	Moda	UX	UY	UZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ	% Torsión
Modal	1	0,52	0,06	0,000	0,0152	0,1333	0,2651	44%
Modal	2	0,01	0,73	0,000	0,2053	0,1361	0,3563	75%
Modal	3	0,31	0,03	0,000	0,2219	0,2061	0,8316	22%

Tabla 71. Desplazamientos Inelásticos SX Ambato

CIUDAD AMBATO	
ESPECTRO Max	
Dirección X	
ALTURA PISO (CM)	DESPLAZAMIENTO INELÁSTICO (Ton)
0	0,226
300	0,614
600	1,398
900	1,964
1200	2,251

Ilustración 65. Desplazamientos Inelásticos SX Ambato

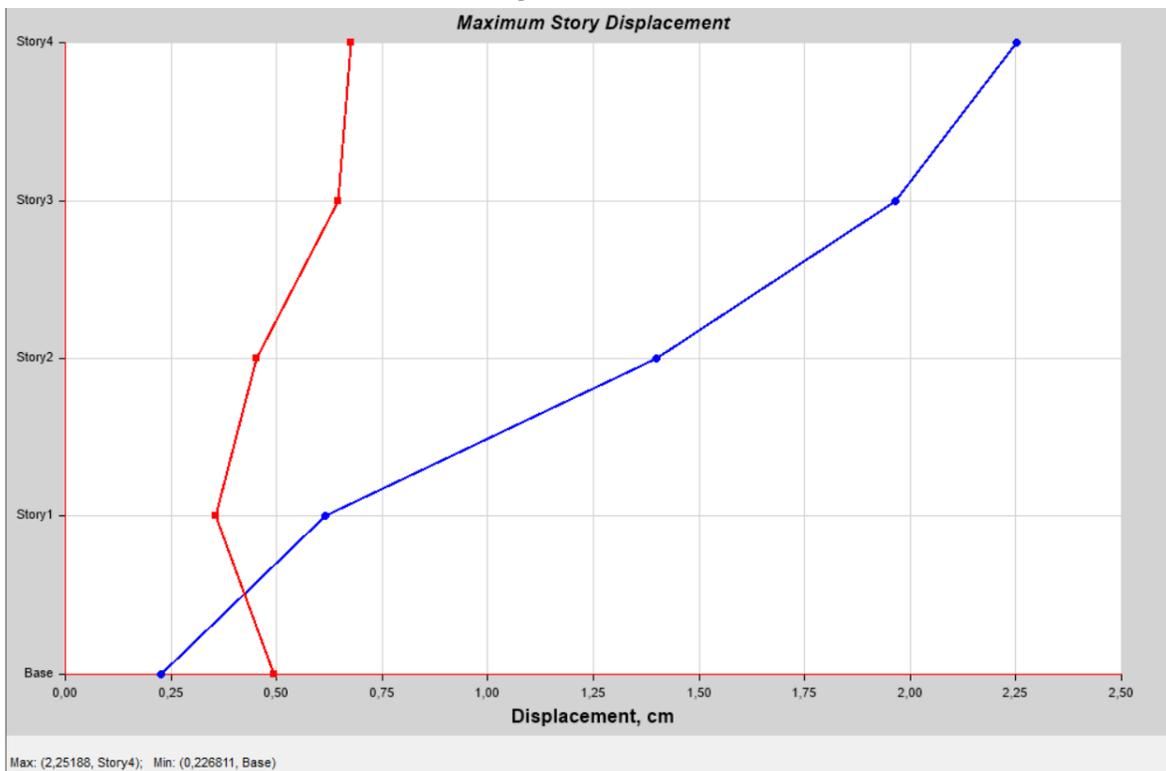


Tabla 72. Desplazamientos Máx. y Min. Sx Ambato

<b>Desplazamiento Máximo</b>	2,251
<b>Desplazamiento Mínimo</b>	0,226

Tabla 73. Desplazamientos Inelásticos SY Ambato

CIUDAD AMBATO	
ESPECTRO Max	
Dirección Y	
ALTURA PISO (CM)	DESPLAZAMIENTO INELÁSTICO
0	0,102
300	0,609
600	1,396
900	2,028
1200	2,438

Ilustración 66. Desplazamientos Inelásticos SY Ambato

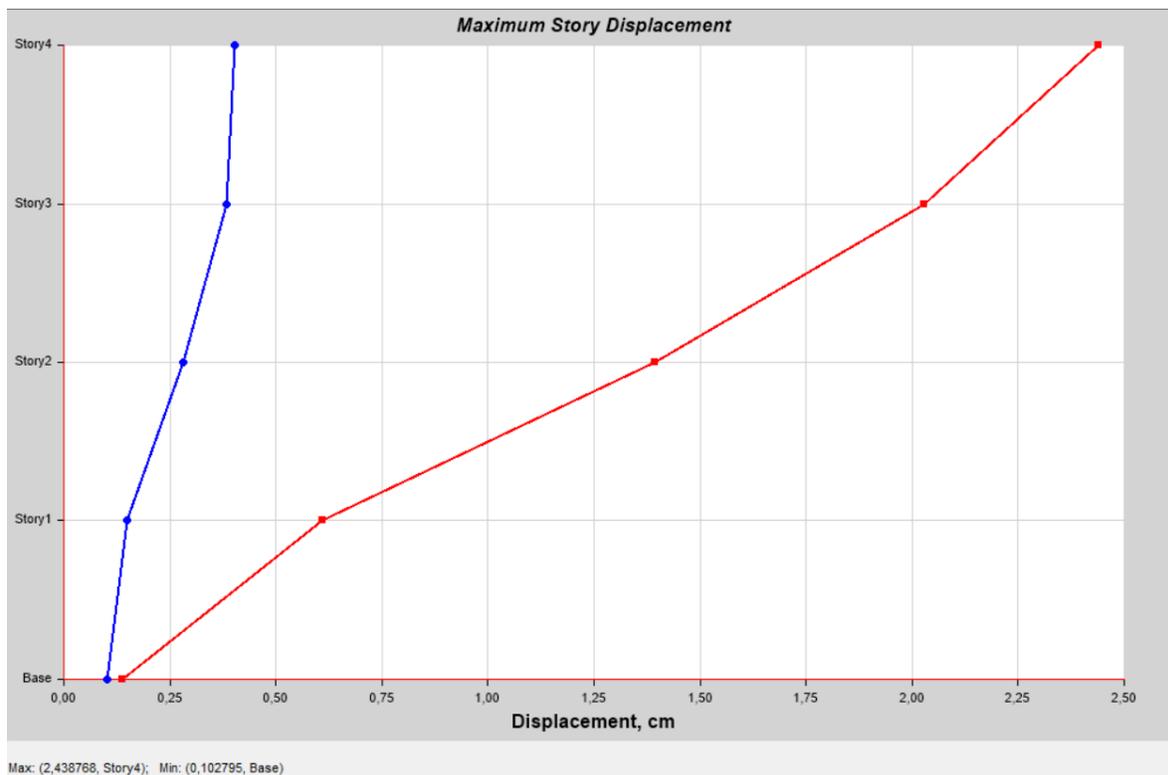


Tabla 74. Desplazamientos Máx. y Min. SY Ambato

<b>Desplazamiento Máximo</b>	2,438
<b>Desplazamiento Mínimo</b>	0,102

Tabla 75. Desplazamientos Inelásticos DX Ambato

CIUDAD AMBATO	
ESPECTRO Max	
Dirección Sismo Dx	
ALTURA PISO (CM)	DESPLAZAMIENTO INELÁSTICO
0	0,190
300	0,592
600	1,401
900	2,032
1200	2,384

Ilustración 67. Desplazamientos Inelásticos DX Ambato

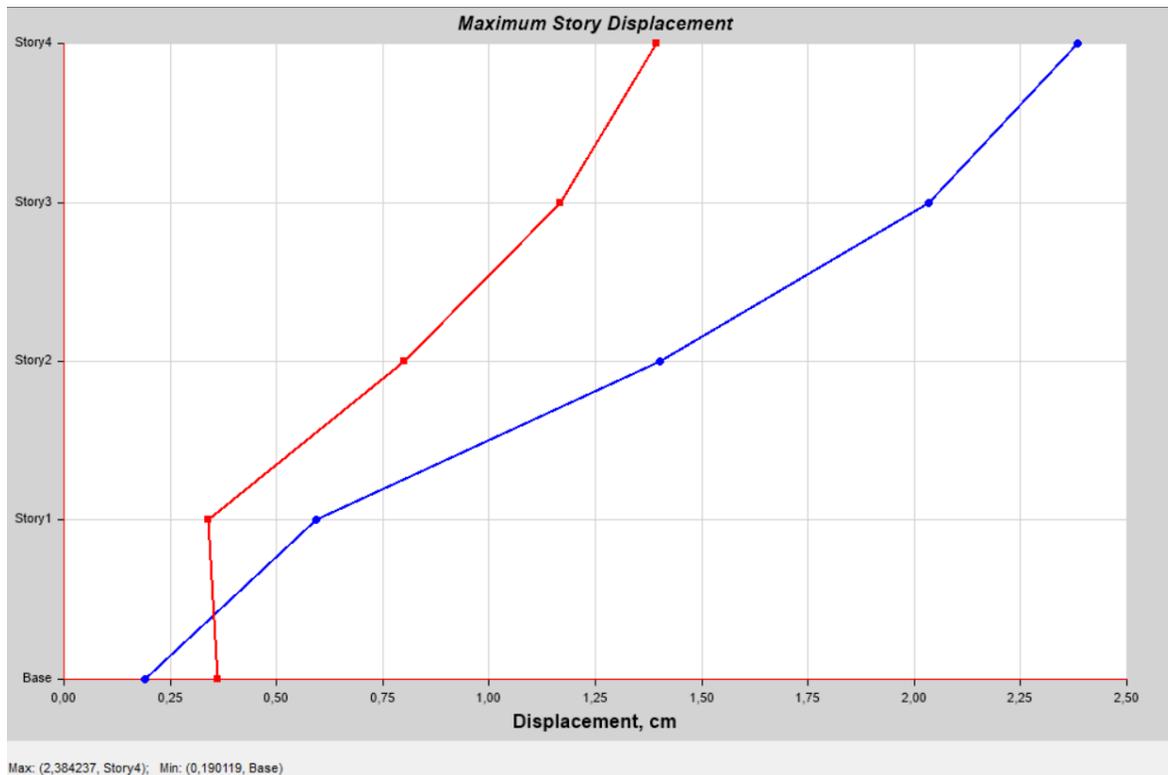


Tabla 76. Desplazamientos Máx. y Min Dx Ambato

<b>Desplazamiento Máximo</b>	2,384
<b>Desplazamiento Mínimo</b>	0,190

Tabla 77. Desplazamientos Inelásticos DY Ambato

CIUDAD AMBATO	
ESPECTRO Max	
Dirección Sismo Dy	
ALTURA PISO (CM)	DESPLAZAMIENTO INELÁSTICO
0	0,109
300	0,561
600	1,257
900	1,808
1200	2,169

Ilustración 68. Desplazamientos Inelásticos DY Ambato

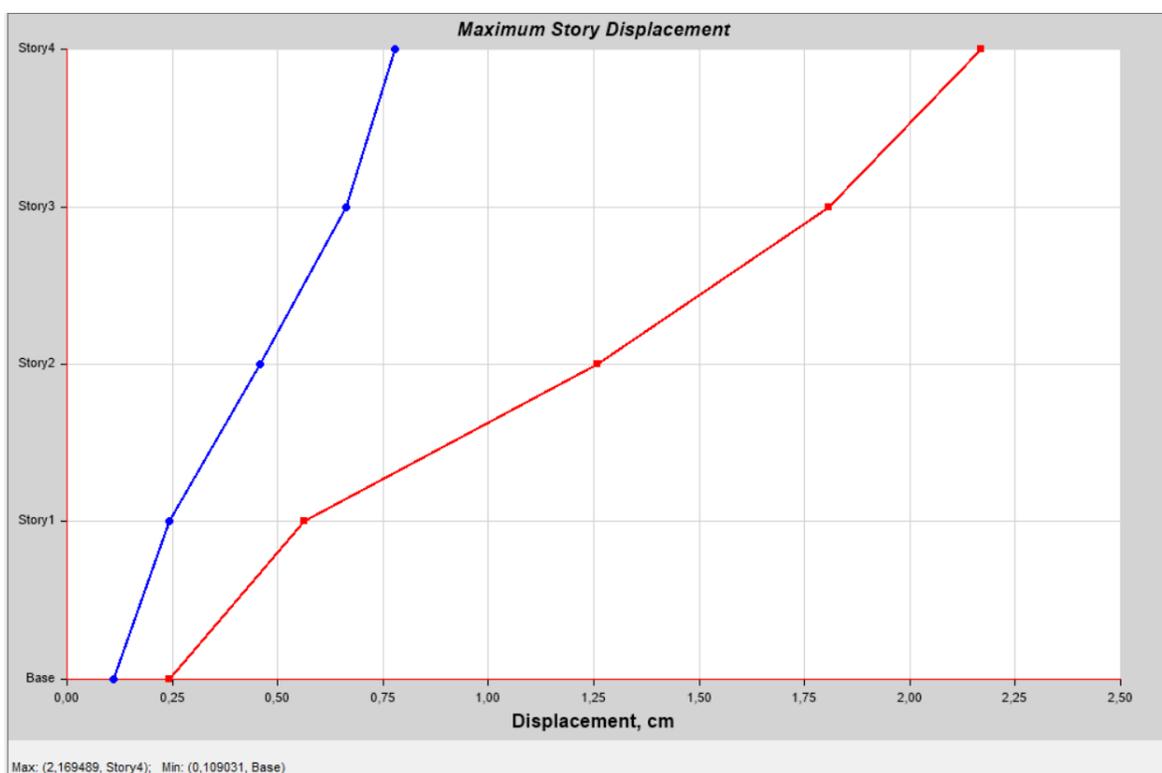


Tabla 78. Desplazamientos Máx. y Min Dy Ambato

<b>Desplazamiento Máximo</b>	2,169
<b>Desplazamiento Mínimo</b>	0,109

## B. Derivas

Tabla 79. Derivas Máximas Ambato

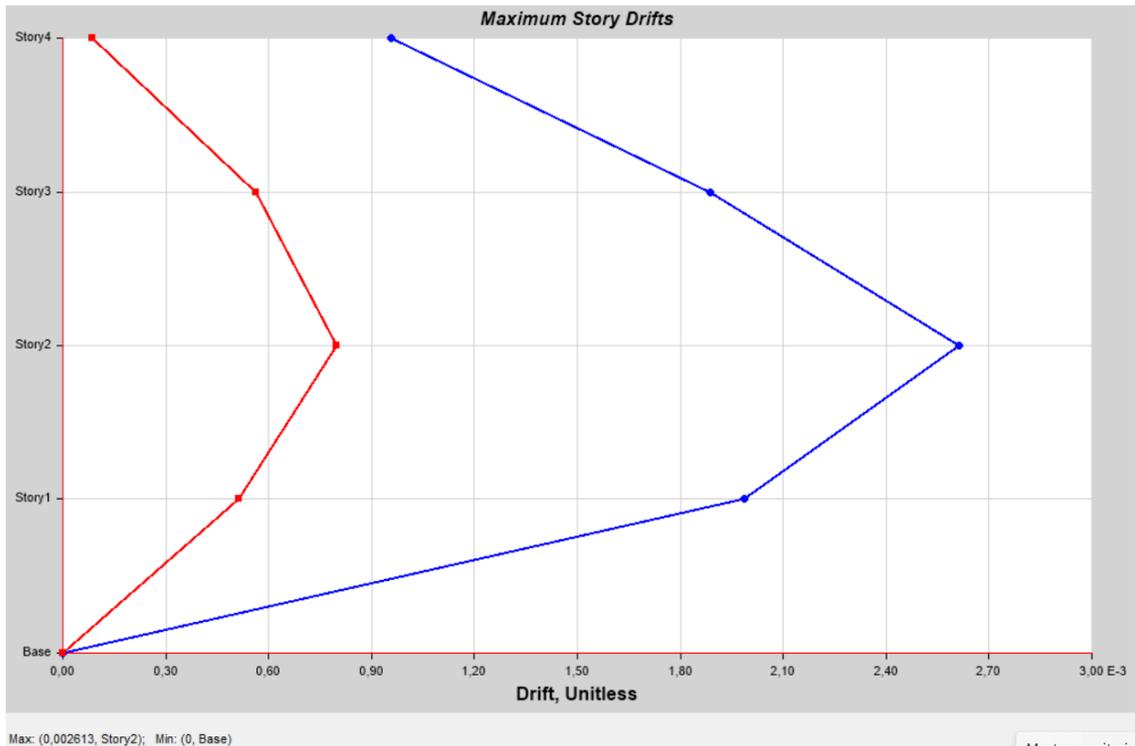
DIRECCIÓN	DERIVAS					D. INELÁSTICA $\Delta M$	CONDICIÓN $\Delta M < 0,02$	%
X	Caso_Estático	0,002613	Caso_Dinámico	0,002702	<b>0,002702</b>	0,012159	CUMPLE	1,22%
Y	Caso_Estático	0,002611	Caso_Dinámico	0,002323	<b>0,002611</b>	0,0117495	CUMPLE	1,17%

En la ilustración 70 se muestra la máxima deriva correspondiente al sismo estático en x. El valor es Drift = 0,002613, se lo reemplaza en la siguiente ecuación para obtener la deriva inelástica que debe ser menor que el 2%. De la Ecuación se obtiene  $\Delta = 0,002613 * 0,75 * 6 * 100 = 1,22\%$ , por lo tanto, CUMPLE con la exigencia de la normativa.

Tabla 80. Deriva Máxima SX Ambato

<b>Dirección Sismo Estático X</b>
<b>Deriva Máxima</b>
0,002613

Ilustración 69. Deriva máxima SX Ambato



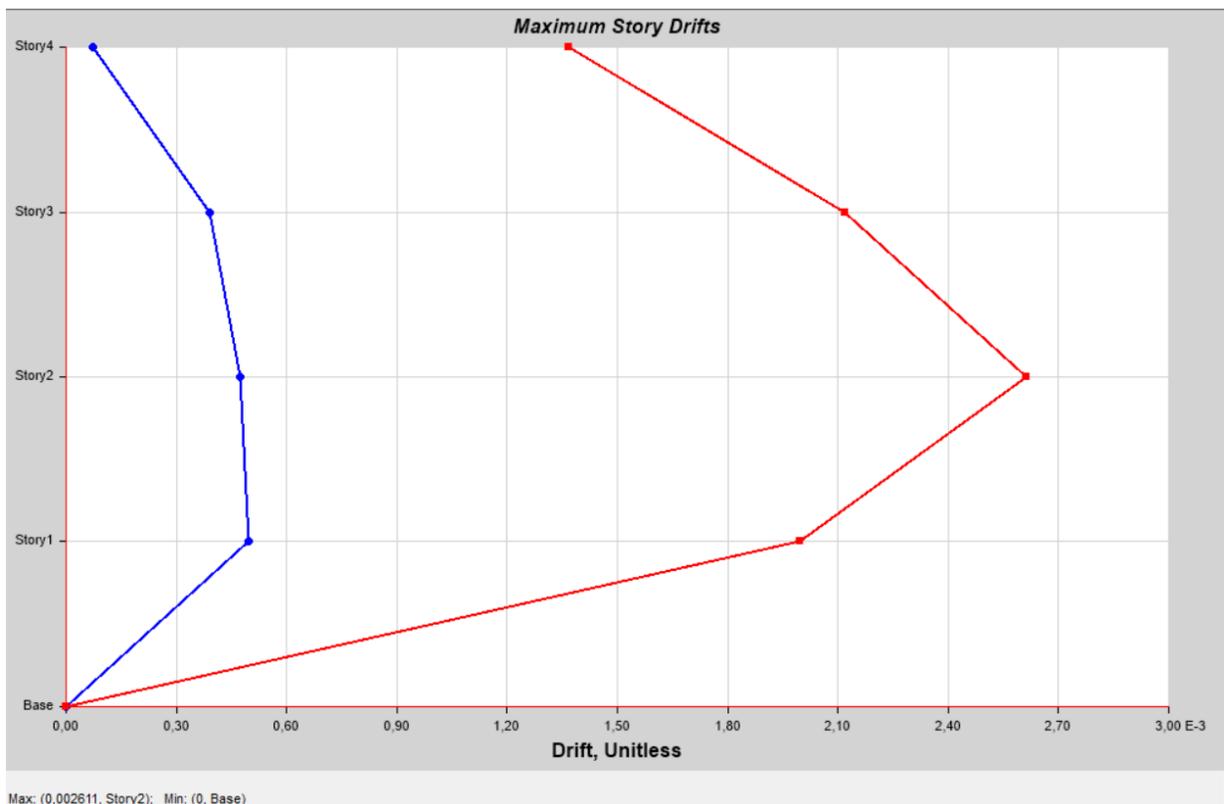
En la ilustración 71 se muestra la máxima deriva correspondiente al sismo estático en Y. El valor es Drift = 0,002611, se lo reemplaza en la siguiente ecuación para obtener la deriva inelástica que debe ser menor que el 2%.

De la Ecuación se obtiene  $\Delta = 0,002611 * 0,75 * 6 * 100 = 1,17\%$ , por lo tanto, CUMPLE con la exigencia de la normativa.

Tabla 81. Deriva máxima SY Ambato

<b>Dirección Sismo Estático Y</b>
<b>Deriva Máxima</b>
0,002611

Ilustración 70. Deriva máxima SY Ambato

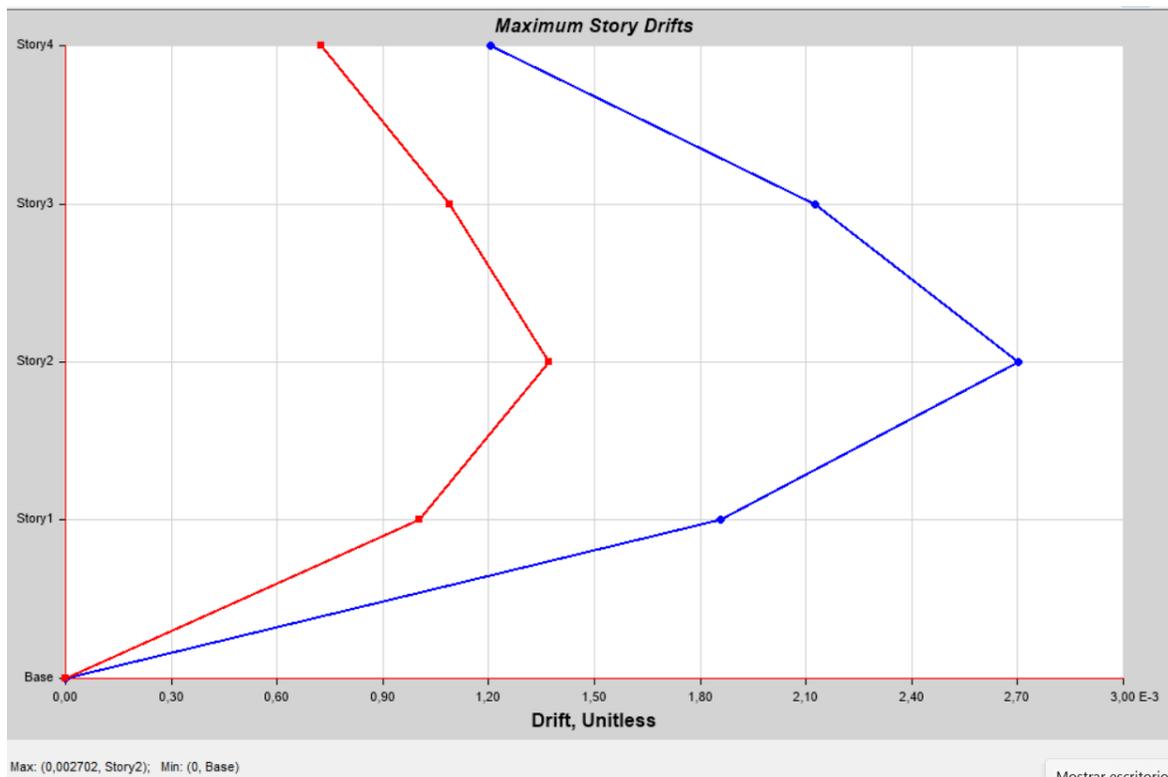


En la ilustración 72 se muestra la máxima deriva correspondiente al sismo Dinámico en X. El valor es Drift = 0,002702, se compara con el valor obtenido del sismo estático en X y el mayor entre los dos se ingresa en la ecuación, siendo el mayor el sismo estático en x.

Tabla 82. Deriva máxima Dx Ambato

<b>Dirección Sismo Dinámico X</b>
<b>Deriva Máxima</b>
0,002702

Ilustración 71. Deriva máxima Dx Ambato

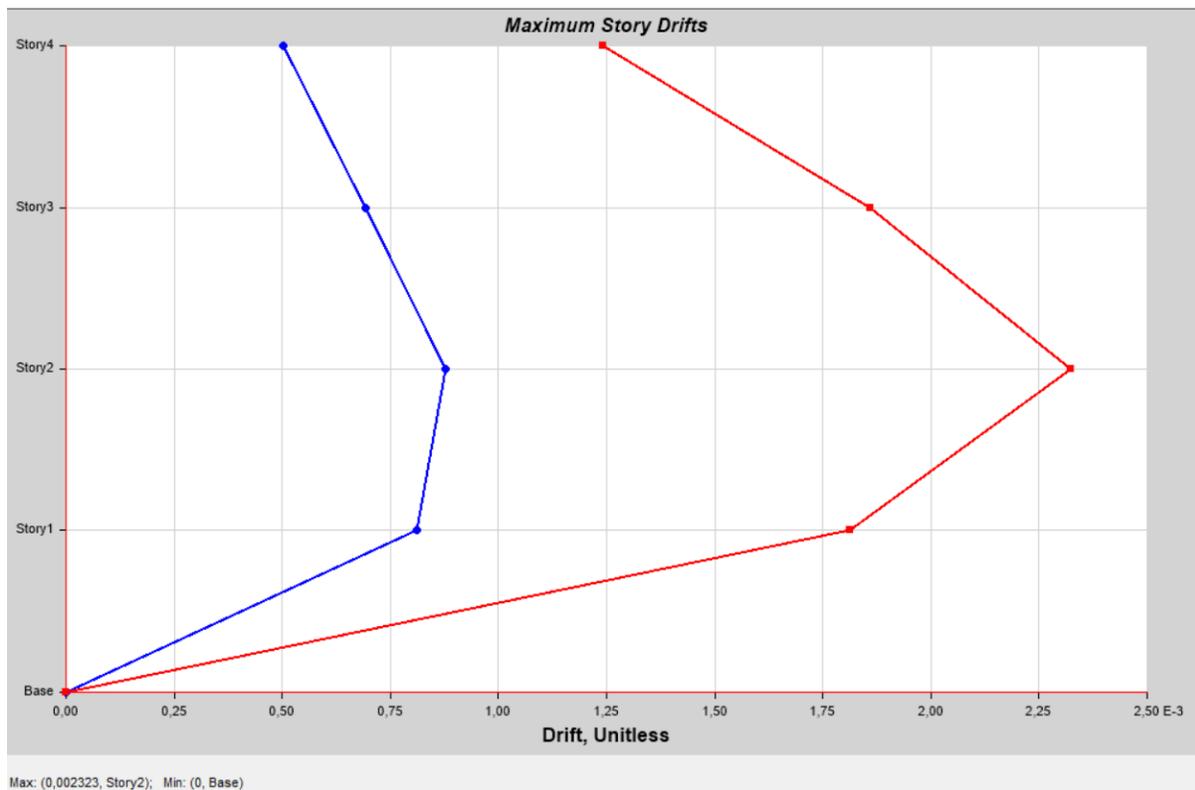


En la ilustración 73 se muestra la máxima deriva correspondiente al sismo Dinámico en Y. El valor es Drift = 0,002323, se compara con el valor obtenido del sismo estático en Y el mayor entre los dos se ingresa en la ecuación, siendo el mayor el sismo estático en Y.

Tabla 83. Deriva máxima DY Ambato

<b>Dirección Sismo Dinámico Y</b>
<b>Deriva Máxima</b>
0,002323

Ilustración 72. Deriva máxima DY Ambato



### C. Cortantes Basal

Tabla 84. Cortante Basal Ambato

CORTANTE BASAL						
Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	FX	FY	FZ
				tonf	tonf	tonf
Sismo Estático _X	LinStatic	Step By Step	1	-51,3598	0	0
Sismo Estático _Y	LinStatic	Step By Step	3	0	-51,3598	0
Sismo DX	LinRespSpec	Max		32,8839	14,6334	0
Sismo DY	LinRespSpec	Max		12,4398	41,7443	0

Tabla 85. Cortante basal estático

V_ESTX	V_ESTY
51,3598	51,3598

Tabla 86. Cortante basal estático y dinámico

VDINX	>0,9	VESTX
32,8839		46,22382
NO CUMPLE		
1,30392		

Tabla 87. Cortante basal dinámico X Y

V_DINX	V_DINY
32,8839	41,7443

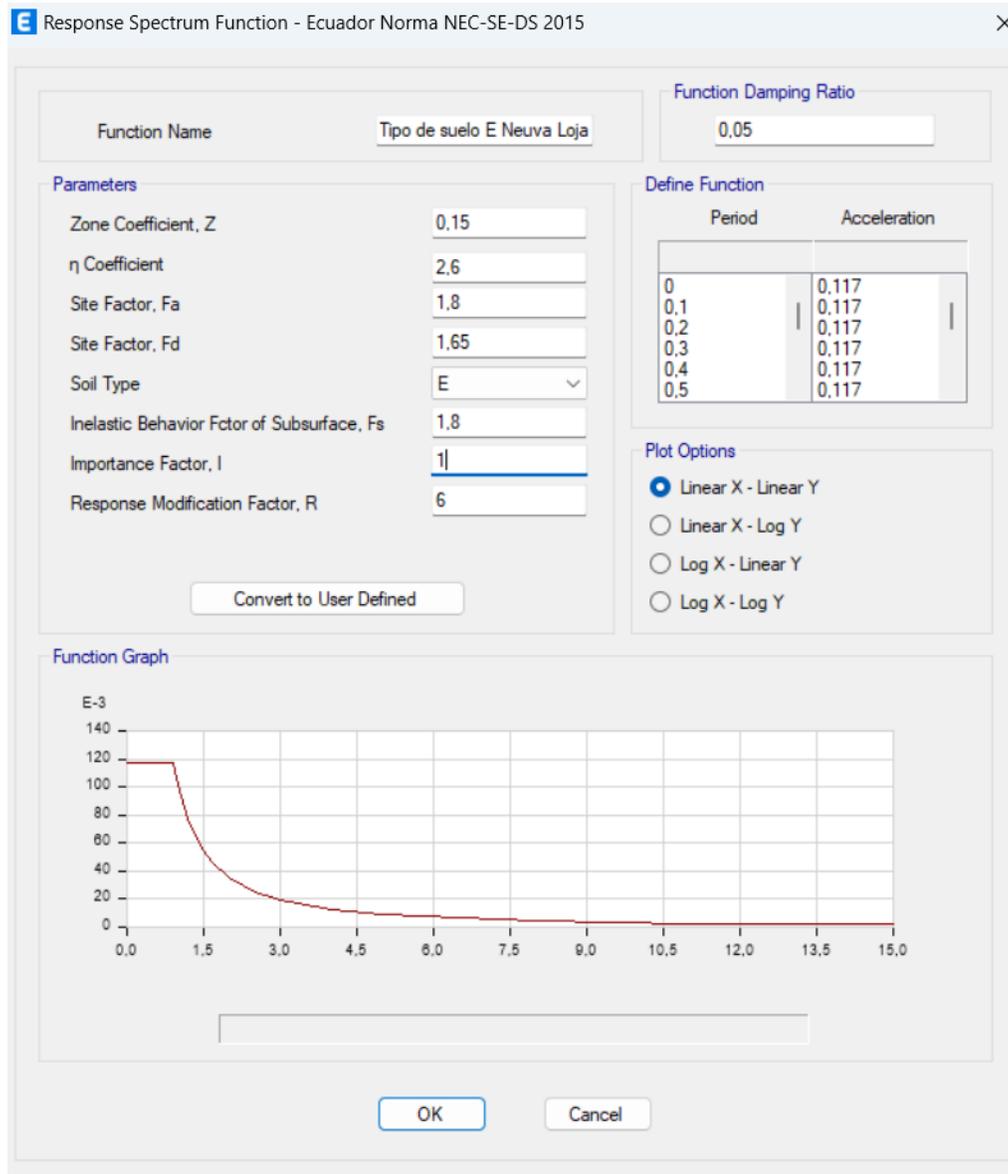
Tabla 88. Cortante Dinámico y Estático Y

VDINY	>0,9	VESTY
41,7443		46,22382
NO CUMPLE		
1,10731		

### 4.2.1.3. Descripción del proceso de Análisis estructural para la ciudad de Nueva Loja

#### Espectro de Diseño Nueva Loja

Ilustración 73. Espectro de diseño Nueva Loja

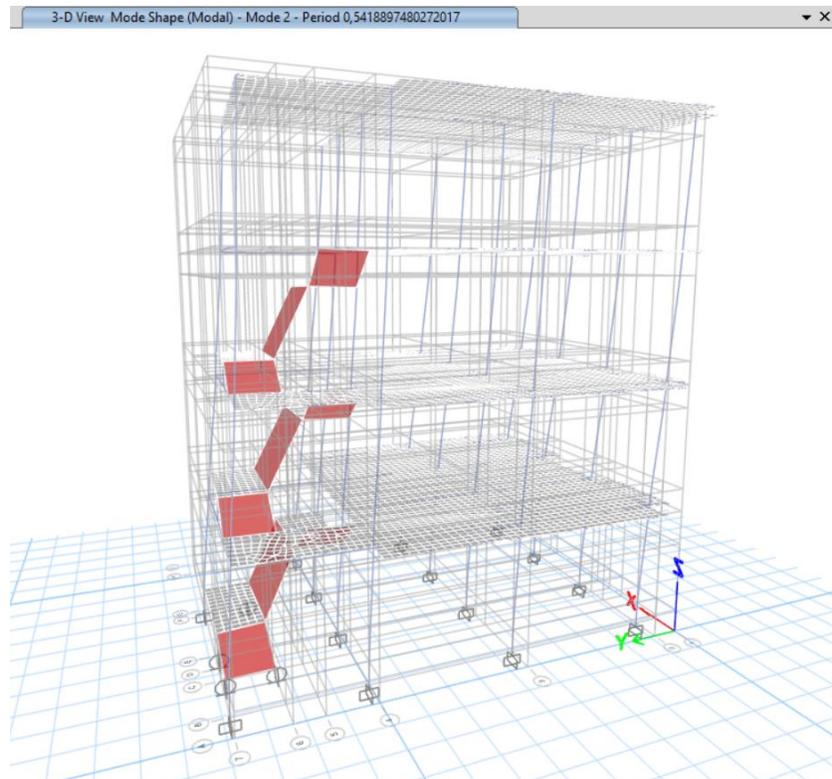


## A. PERIODOS DE VIBRACIÓN, DESPLAZAMIENTOS Y TORSIÓN

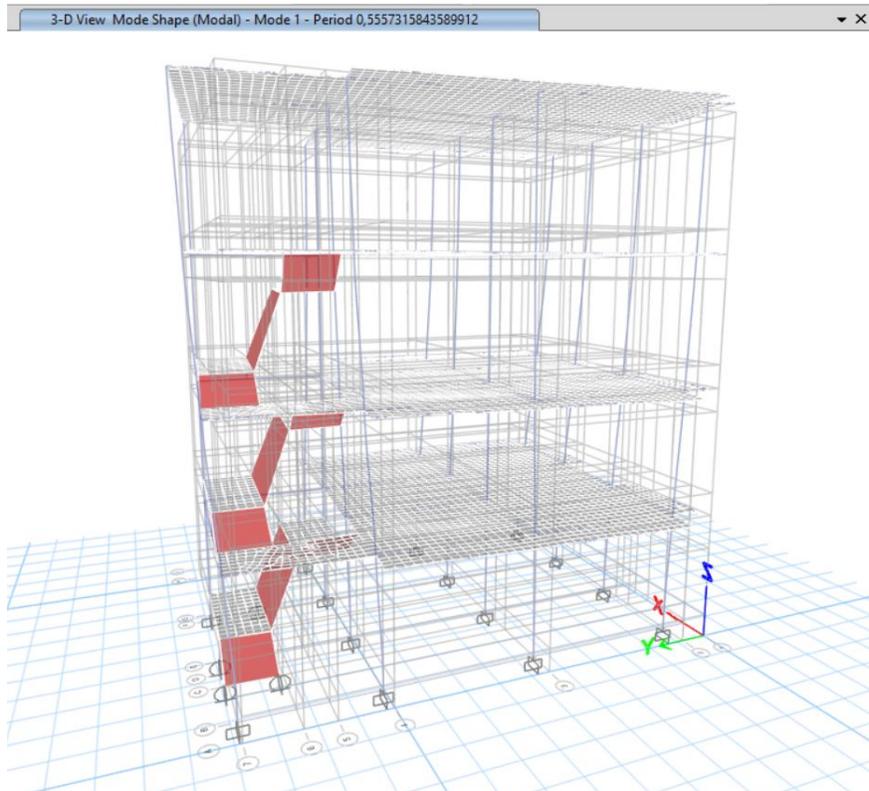
Tabla 89. Periodo de vibración Nueva Loja

PERIODO DE VIBRACIÓN NUEVA LOJA		
Case	Modo	Periodo
		sec
Modal	1	0,556
Modal	2	0,542
Modal	3	0,364
Modal	4	0,185
Modal	5	0,177
Modal	6	0,153
Modal	7	0,106
Modal	8	0,101
Modal	9	0,084
Modal	10	0,076
Modal	11	0,073
Modal	12	0,058

Ilustración 74. Modo 1 de vibración Nueva Loja



*Ilustración 75. Modo 2 de vibración Nueva Loja*



*Ilustración 76. Modo 3 de vibración Nueva Loja*

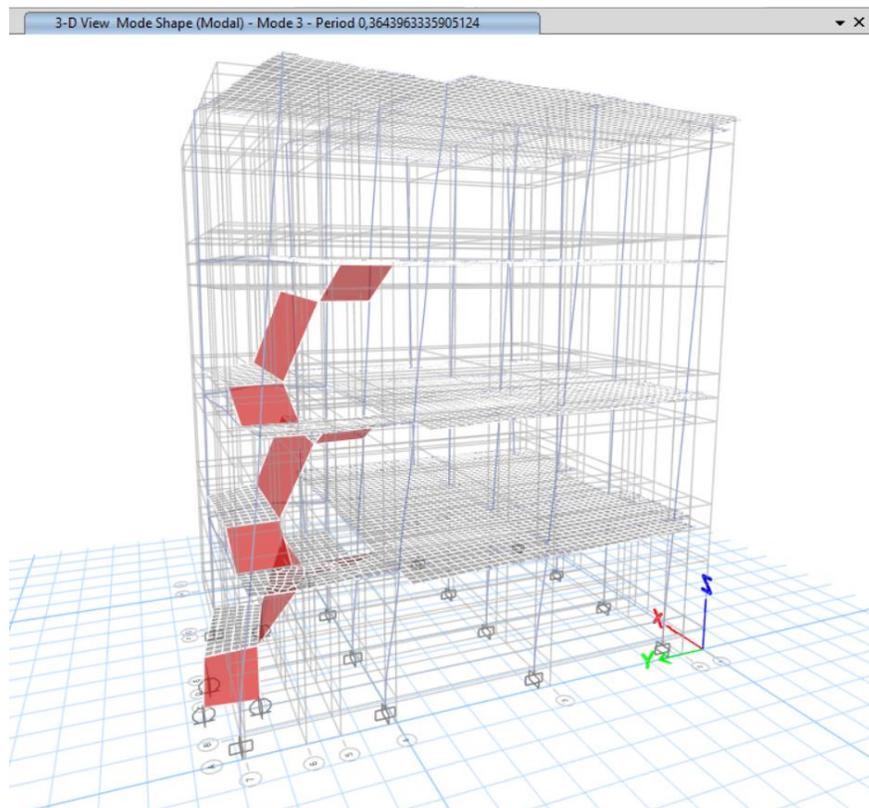


Tabla 90. Participación Modal Nueva Loja

Case	Mode	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0,0152	0,1333	0,2651
Modal	2	0,2053	0,1361	0,3563
Modal	3	0,2219	0,2061	0,8316
Modal	4	0,7797	0,252	0,8316
Modal	5	0,7971	0,6388	0,8645
Modal	6	0,8063	0,792	0,9343
Modal	7	0,9115	0,7944	0,9349
Modal	8	0,915	0,8504	0,9495
Modal	9	0,915	0,9187	0,9619
Modal	10	0,9579	0,9187	0,9629
Modal	11	0,9591	0,9423	0,9681
Modal	12	0,9738	0,9466	0,9718

Tabla 91.Revisión torsional Nueva Loja

	Moda	UX	UY	UZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ	% Torsión
Modal	1	0,52	0,06	0,000	0,0152	0,1333	0,2651	44%
Modal	2	0,01	0,73	0,000	0,2053	0,1361	0,3563	75%
Modal	3	0,31	0,03	0,000	0,2219	0,2061	0,8316	22%

Tabla 92. Desplazamiento máximo SX Nueva Loja

CIUDAD NUEVA LOJA	
ESPECTRO Max	
Dirección X	
ALTURA PISO (CM)	DESPLAZAMIENTO INELÁSTICO
0	0,133
300	0,377
600	0,908
900	1,330
1200	1,567

Ilustración 77. Desplazamiento máximo SX Nueva Loja

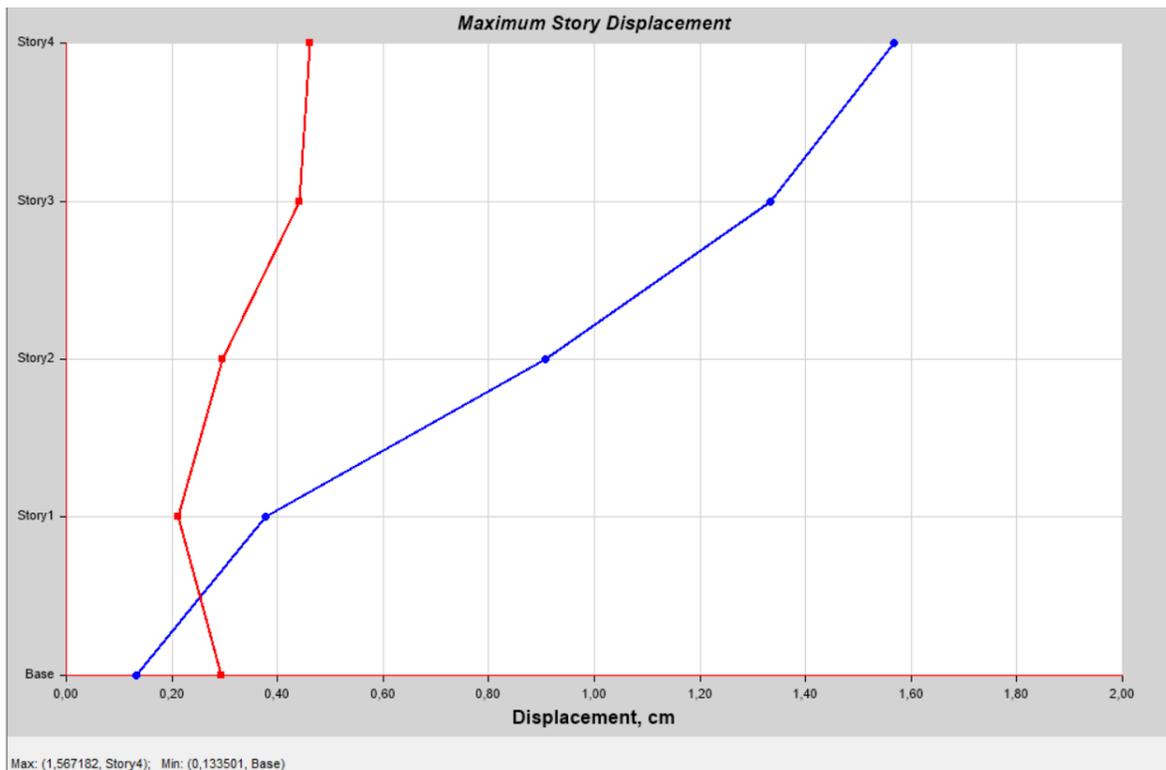


Tabla 93. Desplazamiento Máx. y Min Nueva Loja

<b>Desplazamiento Máximo</b>	1,567
<b>Desplazamiento Mínimo</b>	0,133

Tabla 94. Desplazamiento máximo SY Nueva Loja

CIUDAD NUEVA LOJA	
ESPECTRO Max	
Dirección Y	
ALTURA PISO (CM)	DESPLAZAMIENTO INELÁSTICO
0	0,060
300	0,359
600	0,821
900	1,196
1200	4,438

Ilustración 78. Desplazamiento máximo SY Nueva Loja

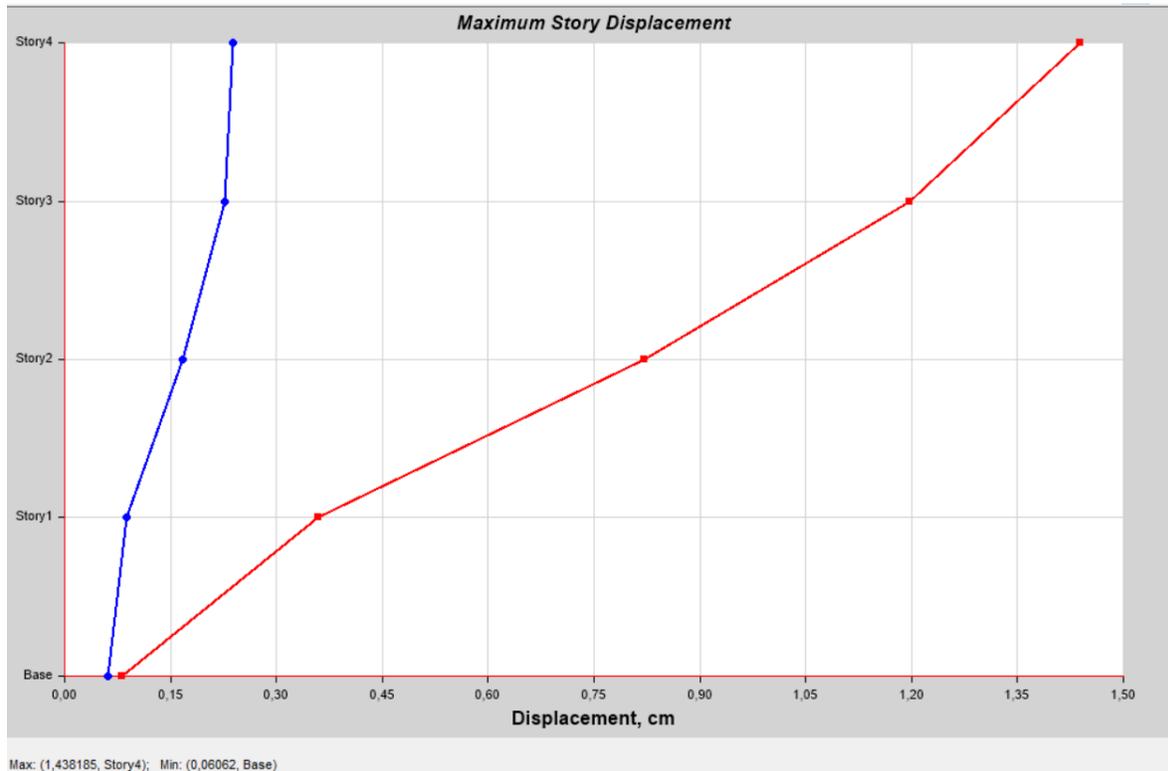


Tabla 95. Desplazamientos Máx. y Min Nueva Loja

<b>Desplazamiento Máximo</b>	1,438
<b>Desplazamiento Mínimo</b>	0,060

Tabla 96. Desplazamiento máximo DX Nueva Loja

CIUDAD NUEVA LOJA	
ESPECTRO Max	
Dirección Sismo Dx	
ALTURA PISO (CM)	DESPLAZAMIENTO INELÁSTICO
0	0,112
300	0,349
600	0,826
900	1,198
1200	1,406

Ilustración 79. Desplazamiento máximo DX Nueva Loja

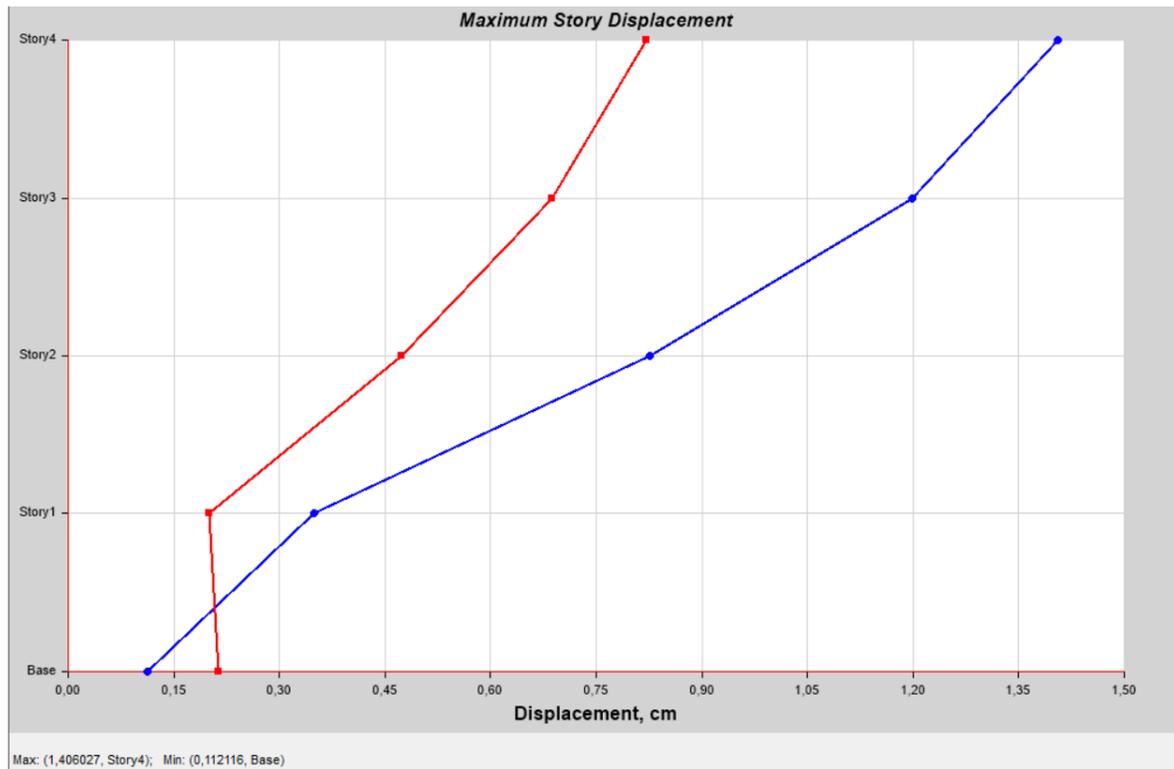


Tabla 97. Desplazamientos Máx. y Min Nueva Loja

<b>Desplazamiento Máximo</b>	1,406
<b>Desplazamiento Mínimo</b>	0,112

Tabla 98. Desplazamiento máximo Dy Nueva Loja

CIUDAD NUEVA LOJA	
ESPECTRO Max	
Dirección Sismo Dy	
ALTURA PISO (CM)	DESPLAZAMIENTO INELÁSTICO
0	0,064
300	0,331
600	0,741
900	1,066
1200	1,279

Ilustración 80. Desplazamiento máximo Dy Nueva Loja

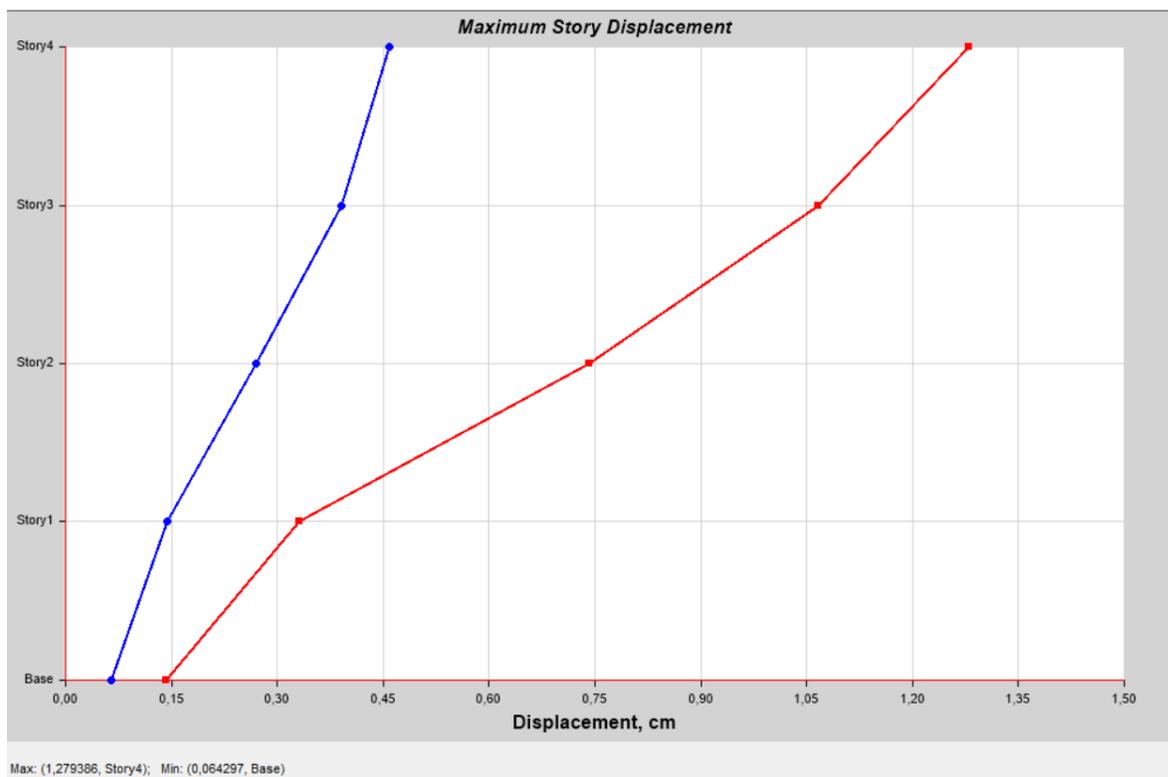


Tabla 99. Desplazamientos Máx. y Min Nueva Loja

<b>Desplazamiento Máximo</b>	1,279
<b>Desplazamiento Mínimo</b>	0,064

## B. Derivas

Tabla 100. Derivas Máximas Nueva Loja

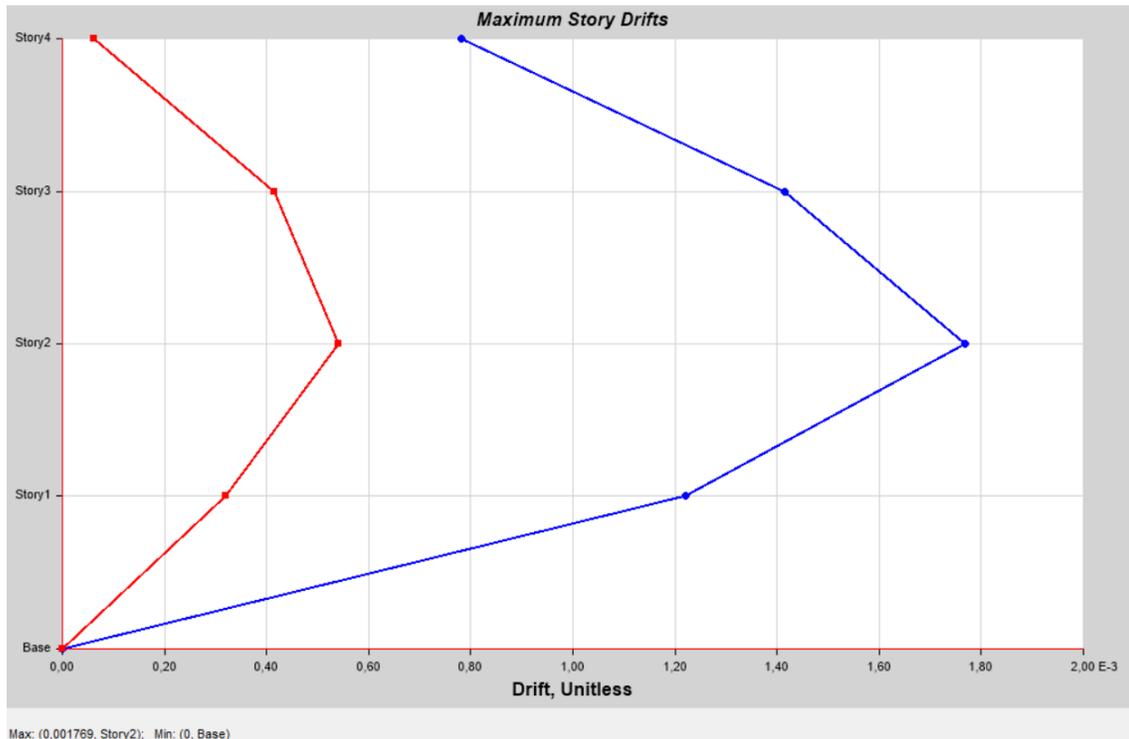
DIRECCIÓN	DERIVAS					D. INELÁSTICA $\Delta M$	CONDICIÓN $\Delta M < 0,02$	%
X	Caso_Estático	0,001769	Caso_Dinámico	0,001593	<b>0,001769</b>	0,0079605	CUMPLE	0,80%
Y	Caso_Estático	0,00154	Caso_Dinámico	0,00137	<b>0,00154</b>	0,00693	CUMPLE	0,69%

En la ilustración 82 se muestra la máxima deriva correspondiente al sismo estático en x. El valor es Drift = 0,001769, se lo reemplaza en la siguiente ecuación para obtener la deriva inelástica que debe ser menor que el 2%. De la Ecuación se obtiene  $\Delta = 0,001769 * 0,75 * 6 * 100 = 0,80\%$ , por lo tanto, CUMPLE con la exigencia de la normativa.

Tabla 101. Deriva máxima SX Nueva Loja

<b>Dirección Sismo Estático X</b>
<b>Deriva Máxima</b>
0,001769

Ilustración 81. Deriva máxima SX Nueva Loja



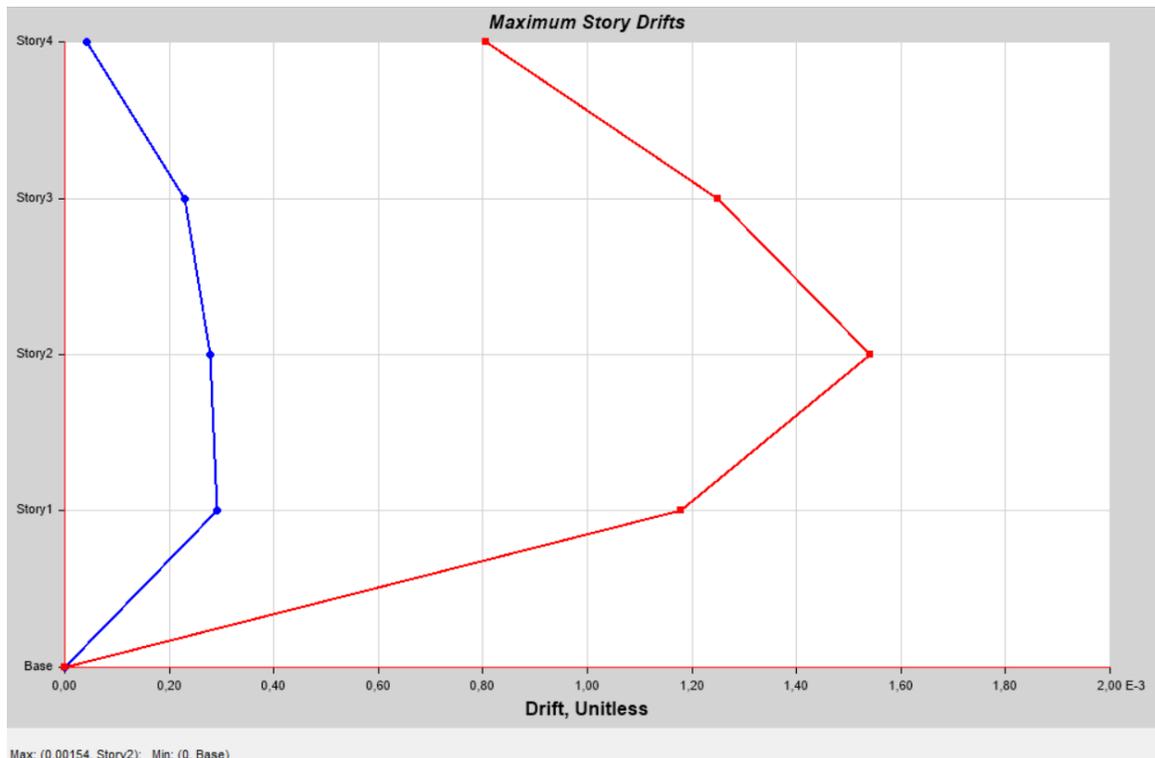
En la ilustración 83 se muestra la máxima deriva correspondiente al sismo estático en Y. El valor es  $\text{Drift} = 0,00154$ , se lo reemplaza en la siguiente ecuación para obtener la deriva inelástica que debe ser menor que el 2%.

De la Ecuación se obtiene  $\Delta = 0,00154 * 0,75 * 6 * 100 = 0,69\%$ , por lo tanto, CUMPLE con la exigencia de la normativa.

Tabla 102. Deriva máxima SY Nueva Loja

<b>Dirección Sismo Estático Y</b>
<b>Deriva Máxima</b>
0,00154

Ilustración 82. Deriva máxima SY Nueva Loja

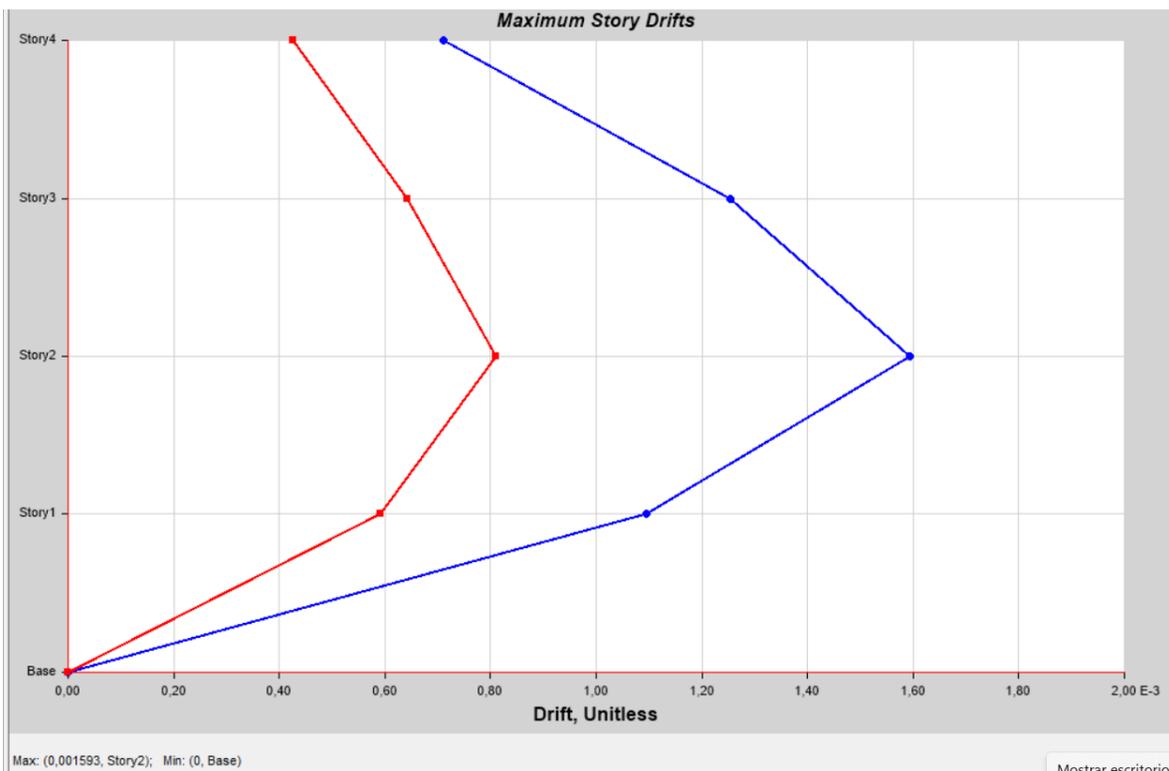


En la ilustración 84 se muestra la máxima deriva correspondiente al sismo Dinámico en X. El valor es  $\text{Drift} = 0,001593$ , se compara con el valor obtenido del sismo estático en X y el mayor entre los dos se ingresa en la ecuación, siendo el mayor el sismo estático en x.

Tabla 103. Deriva máxima DX Nueva Loja

<b>Dirección Sismo Dinámico X</b>
<b>Deriva Máxima</b>
0,001593

Ilustración 83. Deriva máxima DX Nueva Loja

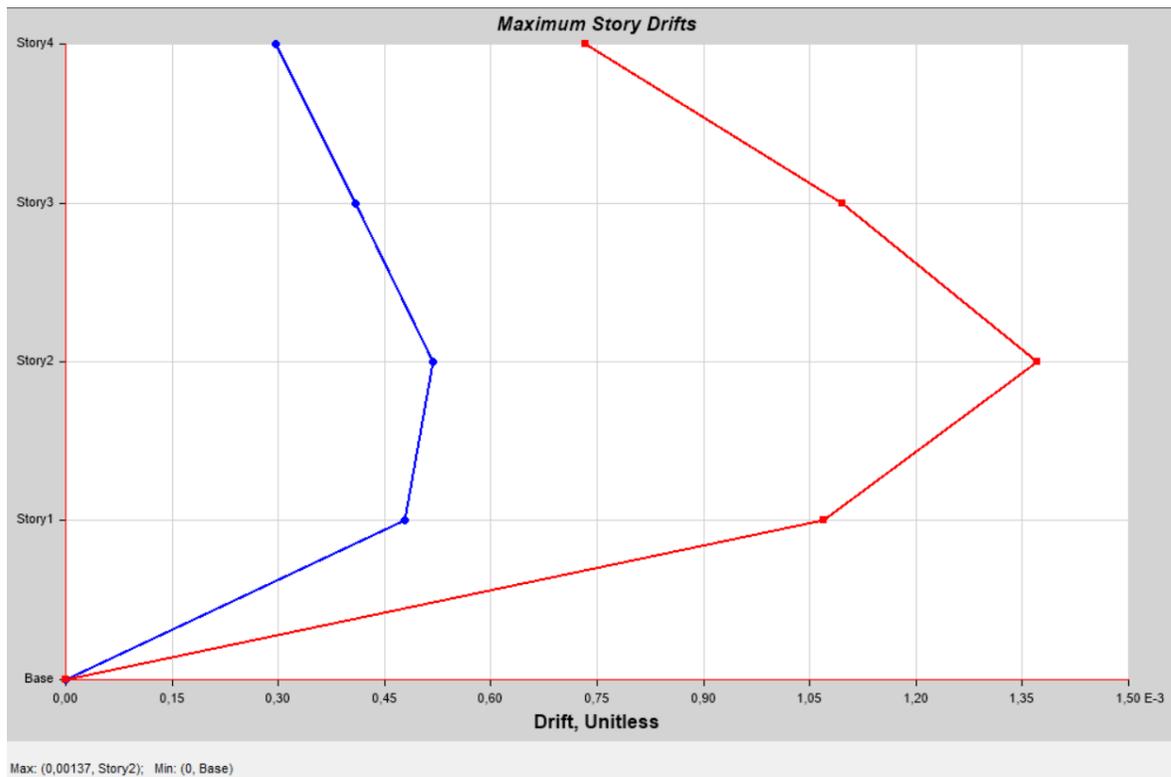


En la ilustración 85 se muestra la máxima deriva correspondiente al sismo Dinámico en Y. El valor es Drift = 0,00137, se compara con el valor obtenido del sismo estático en Y, el mayor entre los dos se ingresa en la ecuación, siendo el mayor el sismo estático en Y.

Tabla 104. Deriva máxima DY Nueva Loja

<b>Dirección Sismo Dinámico Y</b>
<b>Deriva Máxima</b>
0,00137

Ilustración 84. Deriva máxima Dy Nueva Loja



### C. Cortante Basal

Tabla 105. Cortante basal Nueva Loja

<b>CORTANTE BASAL</b>					
<b>Output Case</b>	<b>Case Type</b>	<b>Step Type</b>	<b>Step Number</b>	<b>FX</b>	<b>FY</b>
				tonf	tonf
Sismo Estático _X	LinStatic	Step By Step	1	-30,2878	0
Sismo Estático _Y	LinStatic	Step By Step	3	0	-30,2878
Sismo DX	LinRespSpec	Max		19,3922	8,6296
Sismo DY	LinRespSpec	Max		7,336	24,6174

Tabla 106. Cortante basal estático X Y

<b>VESTX</b>	<b>VESTY</b>
30,2878	30,2879

Tabla 107. Cortante basal dinámico y estático

<b>VDINX</b>	<b>&gt;0.9</b>	<b>VESTX</b>
19,3922		27,25902
<b>NO CUMPLE</b>		
1,40567		

Tabla 108. Cortante basal dinámico X Y

<b>VDINX</b>	<b>VDINY</b>
19,3922	24,6174

Tabla 109. Cortante basal dinámico y estático Y

<b>VDINY</b>	<b>&gt;0,9</b>	<b>VESTY</b>
24,6174		27,25911
<b>NO CUMPLE</b>		
1,1073		

## CAPÍTULO VI

### COMPARACIÓN DE RESULTADOS

En la tabla 110 se muestra los valores correspondientes a los periodos de vibración para las ciudades escogidas para este análisis.

Tabla 110. Comparación de Periodos de Vibración

PERIODOS DE VIBRACIÓN			
Modo	ESMERALDAS	AMBATO	NUEVA LOJA
1	0,556	0,556	0,556
2	0,542	0,542	0,542
3	0,364	0,364	0,364
4	0,185	0,185	0,185
5	0,177	0,177	0,177
6	0,153	0,153	0,153
7	0,106	0,106	0,106
8	0,101	0,101	0,101
9	0,084	0,084	0,084
10	0,076	0,076	0,076
11	0,073	0,073	0,073
12	0,058	0,058	0,058

Ilustración 85. Periodos de vibración de las ciudades Esmeraldas, Ambato y Nueva Loja

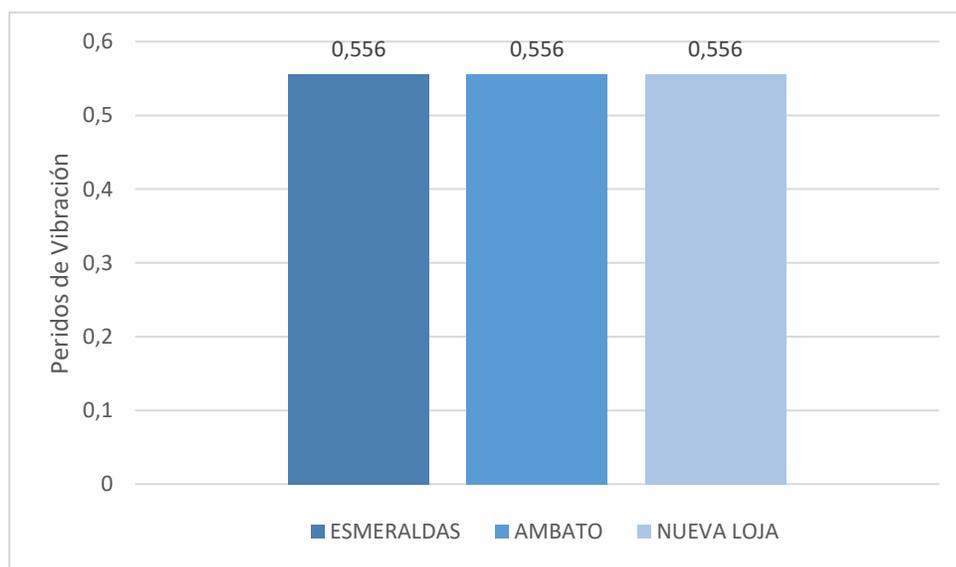


Tabla 111. Participación modal de las ciudades Esmeraldas, Ambato y Nueva Lo.

PARTICIPACIÓN MODAL									
Mode	SumRX			SumRY			SumRZ		
	Esmeraldas	Ambato	Nueva Loja	Esmeraldas	Ambato	Nueva Loja	Esmeraldas	Ambato	Nueva Loja
1	0,0152	0,0152	0,0152	0,1333	0,1333	0,1333	0,2651	0,2651	0,2651
2	0,2053	0,2053	0,2053	0,1361	0,1361	0,1361	0,3563	0,3563	0,3563
3	0,2219	0,2219	0,2219	0,2061	0,2061	0,2061	0,8316	0,8316	0,8316
4	0,7797	0,7797	0,7797	0,252	0,252	0,252	0,8316	0,8316	0,8316
5	0,7971	0,7971	0,7971	0,6388	0,6388	0,6388	0,8645	0,8645	0,8645
6	0,8063	0,8063	0,8063	0,792	0,792	0,792	0,9343	0,9343	0,9343
7	0,9115	0,9115	0,9115	0,7944	0,7944	0,7944	0,9349	0,9349	0,9349
8	0,915	0,915	0,915	0,8504	0,8504	0,8504	0,9495	0,9495	0,9495
9	0,915	0,915	0,915	0,9187	0,9187	0,9187	0,9619	0,9619	0,9619
10	0,9579	0,9579	0,9579	0,9187	0,9187	0,9187	0,9629	0,9629	0,9629
11	0,9591	0,9591	0,9591	0,9423	0,9423	0,9423	0,9681	0,9681	0,9681
12	0,9738	0,9738	0,9738	0,9466	0,9466	0,9466	0,9718	0,9718	0,9718

En la tabla 111 se muestra la participación modal es igual para las tres ciudades.

Ilustración 86. Comparación de participación modal

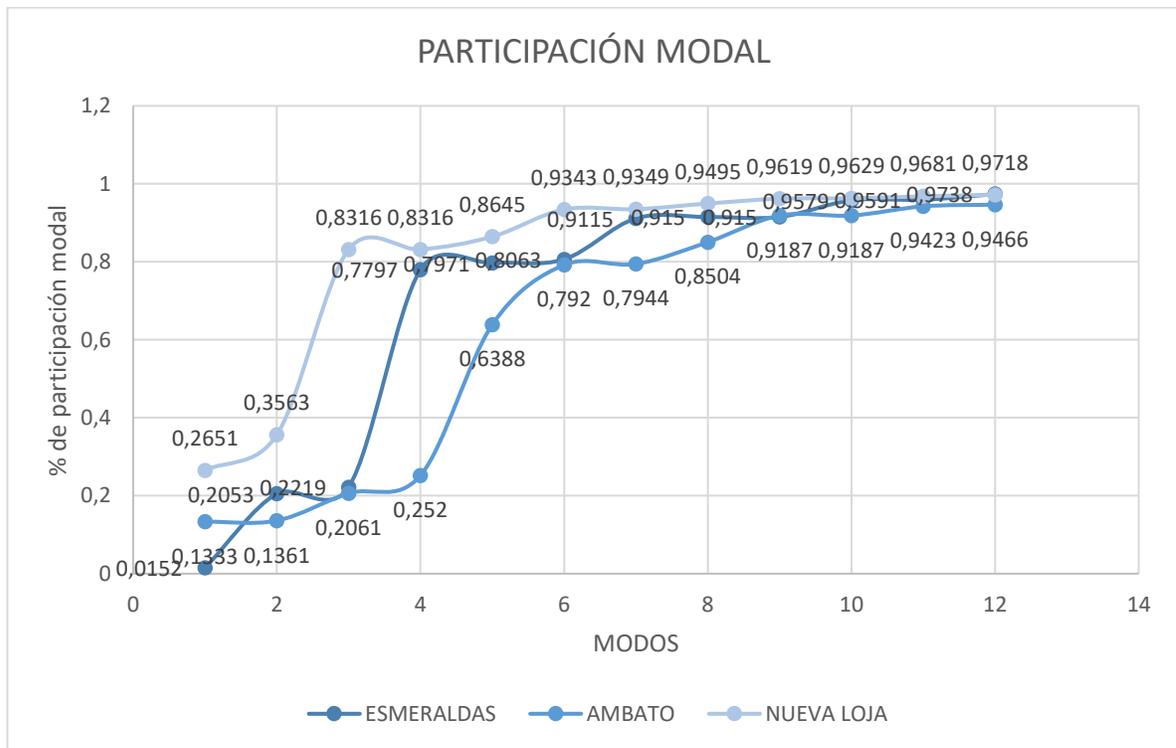


Tabla 112. Desplazamientos estáticos en x (cm)

<b>DESPLAZAMIENTOS ELÁSTICOS DIRECCIÓN X (cm)</b>			
<b>ALTURA PISO (cm)</b>	<b>AMBATO</b>	<b>ESMERALDAS</b>	<b>NUEVA LOJA</b>
0	0,226	0,278	0,133
300	0,614	0,787	0,377
600	1,398	1,893	0,908
900	1,964	2,678	1,330
1200	2,251	3,266	1,567

Tabla 113. Desplazamientos estáticos en y (cm)

<b>DESPLAZAMIENTOS ELÁSTICOS DIRECCIÓN Y (cm)</b>			
<b>ALTURA PISO (cm)</b>	<b>AMBATO</b>	<b>ESMERALDAS</b>	<b>NUEVA LOJA</b>
0	0,138	0,17	0,0817
300	0,609	0,749	0,359
600	1,396	1,712	0,821
900	2,028	2,493	1,196
1200	2,438	2,998	1,43

Tabla 114. Desplazamientos Dinámicos en x (cm)

<b>DESPLAZAMIENTOS ELÁSTICOS DIRECCIÓN DINÁMICO X (cm)</b>			
<b>ALTURA PISO (cm)</b>	<b>AMBATO</b>	<b>ESMERALDAS</b>	<b>NUEVA LOJA</b>
0	0,190	0,267	0,112
300	0,592	0,765	0,349
600	1,401	1,809	0,826
900	2,032	3,0623	1,198
1200	2,384	3,077	1,406

Tabla 115. Desplazamientos Dinámicos en y (cm)

DESPLAZAMIENTOS ELÁSTICOS DIRECCIÓN DINÁMICO Y (cm)			
ALTURA PISO (cm)	AMBATO	ESMERALDAS	NUEVA LOJA
0	0,241	0,325	0,142
300	0,561	0,642	0,331
600	1,257	1,761	0,741
900	1,808	2,389	1,066
1200	2,169	2,866	1,279

Ilustración 87. Desplazamientos estáticos en x, para las ciudades de Esmeraldas, Ambato y Nueva Loja

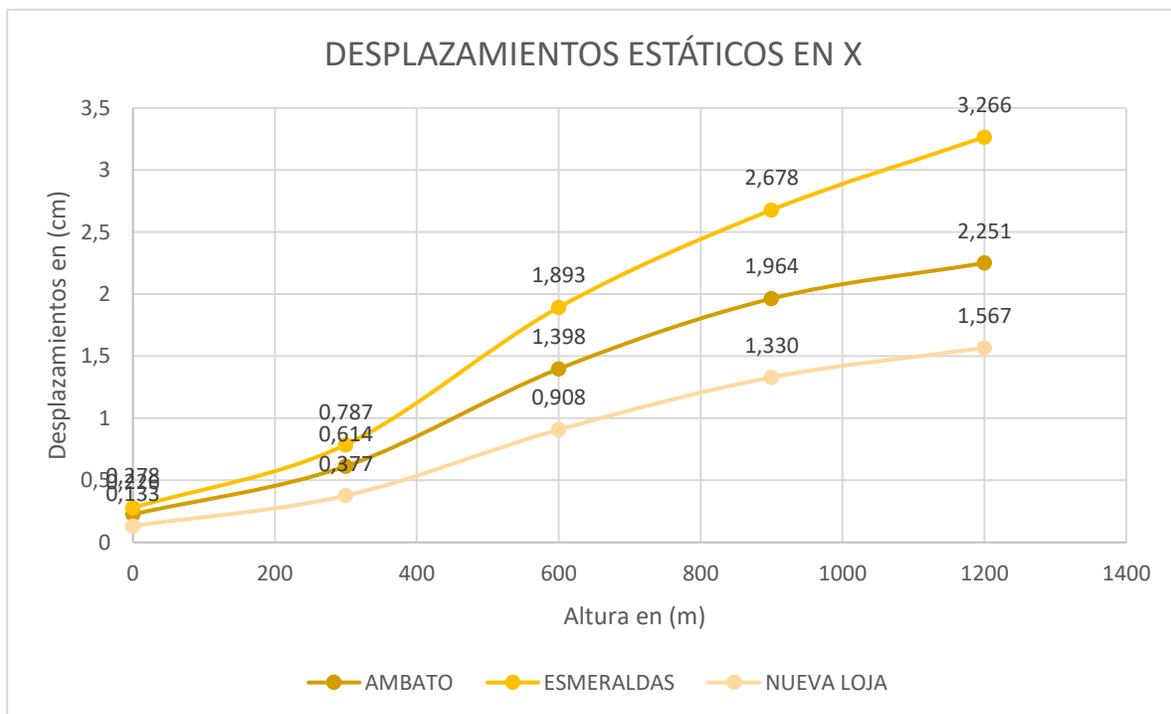


Ilustración 88. Desplazamientos dinámicos en x, de las ciudades de Esmeraldas, Ambato y Nueva Loja

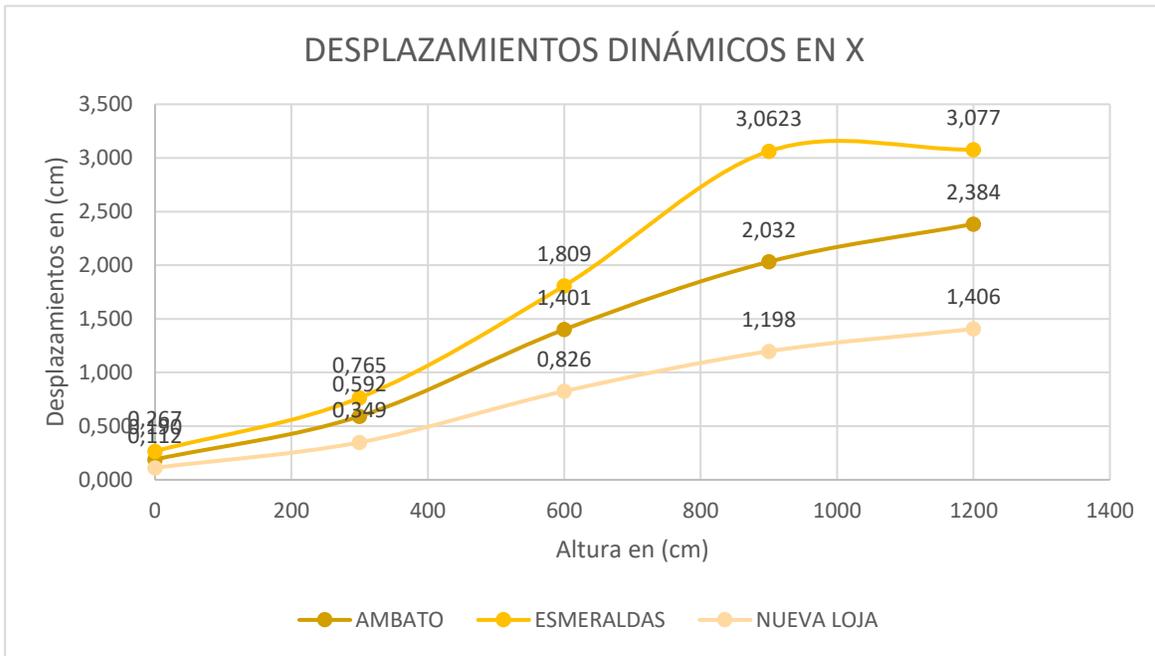


Ilustración 89. Desplazamientos estáticos en y, de las ciudades de Esmeraldas, Ambato y Nueva Loja

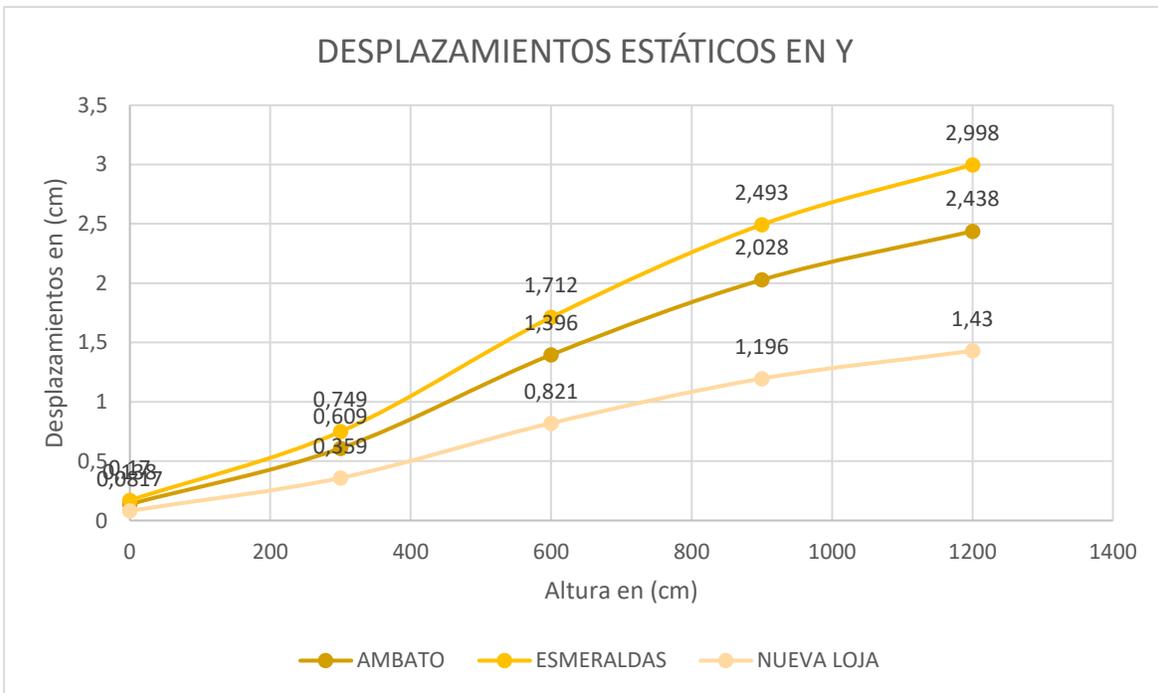
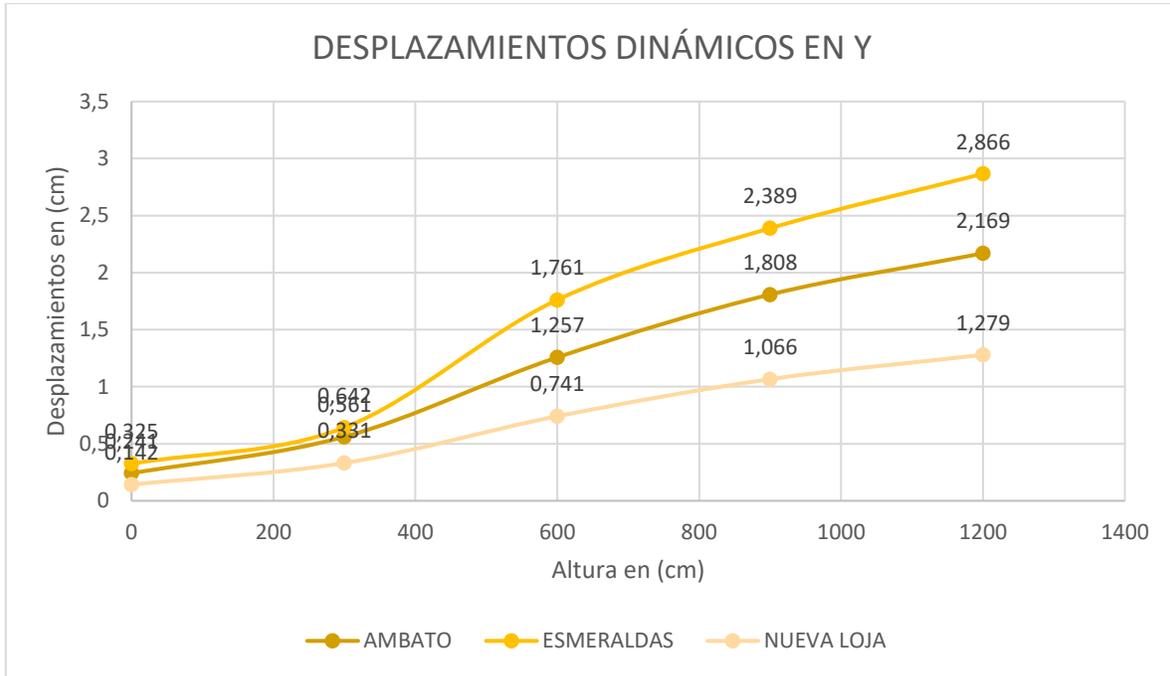


Ilustración 90. Desplazamientos dinámicos en y, para las ciudades de Esmeraldas, Ambato y Nueva Loja



Se observa las derivas de piso en las diferentes ciudades de análisis

Tabla 116. Derivas en suelo Tipo C

ESMERALDAS	
DIRECCIÓN	%
X	1,90%
Y	1,65%

Tabla 117. Derivas en suelo Tipo D

AMBATO	
DIRECCIÓN	%
X	1,22%
Y	1,17%

Tabla 118. Derivas en Suelo Tipo E

NUEVA LOJA	
DIRECCIÓN	%
X	0,80%
Y	0,69%

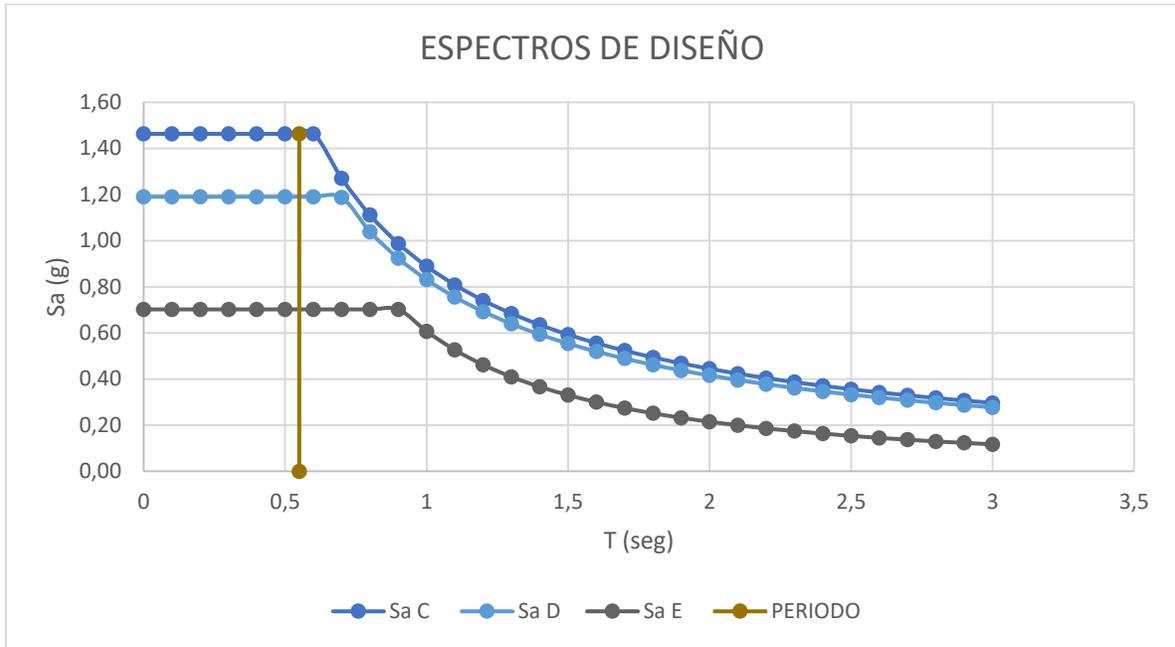
Tabla 119. Cantidades antes de corregir el cortante basal

		V ESTÁTICO	
TIPO DE SUELO	ESTRUTURA	SISMO X	SISMO Y
C	4	63,1383	63,1383
D	4	51,3598	51,3598
E	4	30,2878	30,2878
		V DINÁMICO	
TIPO DE SUELO	ESTRUTURA	SISMO X	SISMO Y
C	4	40,4198	51,3107
D	4	32,8839	41,7443
E	4	19,3922	24,6174

Tabla 120. Corrección del cortante basal

		V DINÁMICO (TON)		85% V ESTÁTICO (TON)	
TIPO DE SUELO	ESTRUTURA	SISMO X	SISMO Y	SISMO X	SISMO Y
C	4	52,7044	54,4494	53,667555	53,667555
D	4	42,8775	46,2234	43,65583	43,65583
E	4	25,1926	27,0791	25,74463	25,74463

Ilustración 91. Periodo de vibración igual para todos los espectros



## CAPÍTULO VII

### CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos de los modelos analizados están dentro de los límites de derivas establecidos por la normativa ecuatoriana de construcción. Sin embargo, se recomienda reforzar la estructura en ambas direcciones (X e Y) debido a la presencia de efectos torsionales en los dos primeros modos de vibración, que son atribuibles a la asimetría estructural observada
- No se evidencia una diferencia significativa en el periodo de vibración ni en la participación de masa entre los modelos que consideran distintos espectros sísmicos y parámetros para los diversos tipos de suelo: tipo C en la ciudad de Esmeraldas, tipo D en la ciudad de Ambato y tipo E en Nueva Loja. Esta uniformidad se debe a la geometría y tipo de cargas asignadas a la estructura, la cual influye predominantemente en el periodo de vibración, así como en la masa y rigidez de la edificación.
- Los desplazamientos de la edificación aumentan con la altura de los pisos en todas las ubicaciones analizadas. Específicamente, en la ciudad de Esmeraldas se observan desplazamientos verticales más elevados en comparación con Ambato y Nueva Loja. Este comportamiento puede estar asociado a las características del suelo en cada localización y su influencia en la rigidez estructural.

- El cortante dinámico basal debe superar el 85% del valor del cortante estático en estructuras irregulares. A pesar de las modificaciones realizadas al cortante dinámico, los valores obtenidos no cumplen con los requisitos mínimos establecidos por la normativa ecuatoriana de construcción. Es necesario realizar ajustes adicionales para asegurar que el cortante dinámico cumpla con los estándares normativos requeridos.

## RECOMENDACIONES

- Las irregularidades en la edificación pueden aumentar las derivas laterales y afectar la respuesta de sísmica de un edificio. La presencia de muros de corte puede aumentar la rigidez lateral en ciertas direcciones. En un diseño futuro se debe considerar la evaluación sísmica y estas irregularidades para garantizar una estructura segura y funcional.
- Para futuros proyectos se recomienda incluir edificaciones con diferentes geometrías, alturas y materiales. para que los resultados obtenidos sean más comparables. Esto permitirá una visualización más clara para una comparación entre diferentes variables. De esta forma, se podrá identificar patrones y tendencias con mayor exactitud.
- Para el análisis de derivas de piso de una edificación, es esencial considerar la importancia de este parámetro en el diseño. Las derivas excesivas pueden provocar daños no estructurales, como grietas en paredes y techos. La normativa de diseño sismo-resistentes establecen límites específicos que nos aseguran un nivel mínimo de seguridad y desempeño estructural.

## REFERENCIAS

- C, F. A. (s.f.). *Manual de diseño de losas de concreto armado*. Obtenido de <https://facingyconst.blogspot.com/2009/09/manual-de-diseno-de-losas-de-concreto.html>
- C, F. A.-d.-d.-d.-l.-d.-c. (s.f.).
- Cassano, A. M. (2009). *Análisis de estructuras bajo acciones dinámicas*. Edutecne.
- Chopra, A. K. (2014). *Dinámica de estructuras*. Pearson Educación.
- Manosalvas Katherine, T. J. (2017). *Análisis comparativo de las derivas de piso, para unas edificaciones de 3, 6 y 9 pisos entre un sistema de muros confinados con m2 y un sistema a porticado. [Tesis de grado, UCE]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/13272>
- MIDUVI- CAMICON. (2014). *Peligro Sísmico, Diseño Sismo Resistente*. Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (diciembre 2014). *NEC-SE-DS, Peligro Sísmico, diseño sismo resistente*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/2.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-1.pdf>
- Navas, J. G. (2016). *Estructuras de disipación de energía en redes de drenaje urbano*. Obtenido de <https://cidta.usal.es/cursos/tuberias/PDFs/Unidad%203/u3c4/T11.11>.
- NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN. (2015). *PELIGRO SÍSMICO DISEÑO SISMO RESISTENTE*.
- NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN-NEC. (2015). *CARGAS SÍSMICAS*.
- Ortiz, F. (2010). *Modelo Hidráulicos Físico de Disipadores de Energía, como ayuda de aprendizaje de la materia de hidráulica*. Obtenido de Tesis de Grado.

PELIGRO SÍSMICO, E. D.-s.-e.-d.-d.-y.-r. (s.f.).

K. Parra and J. Sarango, “Análisis estadístico del periodo experimental de vibración en edificios aporricados de hormigón armado en el Distrito Metropolitano de Quito,” Congr. REDU VI 2018, 2018, [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/14781>.

F. Pimbo, “Análisis estructural del desempeño sísmico del edificio de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica mediante la medición de vibraciones,” Universidad Técnica de Ambato, 2021.

V. y D. T. Ministerio de Ambiente, “Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Título A - Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente,” 2010

F. Crisafulli and E. Villafañe, “Espectros De Respuesta Y De Diseño,” Fac. Ing. U N Cuyo, p. 22, 2002, [Online]. Available: <http://blog.uca.edu.ni/estructuras/files/2011/02/espectros-de-respuesta-y-dediseño.pdf>

M. Mora, J. Villalba, and E. Maldonado Rondón, “Deficiencias, limitaciones, ventajas y desventajas de las metodologías de análisis sísmico no lineal,” Rev. Ing. Univ. Medellín, vol. 5, no. 9, pp. 59–74, 2006.

E. Bazán and R. Meli, Diseño sísmico de edificios, Editorial. México, 2002.

R. Moreno González, “Evaluación del riesgo sísmico en edificios mediante análisis estático no lineal: Aplicación a diversos escenarios sísmicos de Barcelona,” 2006.

M. Romo Proaño, Diseño de estructuras de concreto armado. Escuela Politécnica del Ejército, 2008.

## ANEXOS



**Fecha:** 6/04/ 2024

**Asunto:** Recomendaciones sobre Valores de Estudios de Suelo para Fines Académicos y Aplicaciones en un análisis comparativo en derivas de piso.

Estimadas Megan Asqui, Liliana Vivanco

Con base en los datos recopilados de estudios de suelo realizados a nivel nacional en Ecuador en nuestra constructora, y considerando la complejidad asociada con la obtención de ensayos geofísicos adicionales, se presenta el siguiente informe con el propósito de recomendar valores específicos promedio para sus modelos numéricos como nos había solicitado para ser utilizados en fines académicos.

### Recomendaciones de Valores

Tras un análisis detallado de los estudios de suelo disponibles y su pertinencia para aplicaciones académicas y prácticas en la ingeniería estructural en Ecuador, se recomienda trabajar con los siguientes valores para los parámetros relevantes:

<i>Ciudad</i>	<i>Coefficiente de Poisson</i>	<i>Tipos de Suelo</i>	<i>Velocidad de Ondas Promedio Vs(m/s)</i>
<i>Sucumbíos – Nueva Loja</i>	0.30	E	85
<i>Esmeraldas-Palmas</i>	0.31	C	420
<i>Ambato</i>	0.30	D	193

Estos valores han sido seleccionados en base a la disponibilidad de datos confiables y su relevancia para un análisis comparativo en derivas de piso en una edificación de hormigón armado.

### Aplicación y Uso

Los valores recomendados son fundamentales para el diseño estructural, la planificación urbana y otras aplicaciones que involucren un análisis comparativo en derivas de piso en para una edificación de hormigón armado. Se sugiere su utilización en proyectos académicos y prácticos que requieran análisis detallados del comportamiento del suelo y su impacto en las estructuras.

### Conclusiones

En resumen, los valores recomendados proporcionan una base sólida y confiable para investigaciones académicas en las regiones de la Costa, Sierra y Oriente del país de Ecuador. Estos datos permitirán avanzar en el entendimiento y la mejora de las prácticas de ingeniería civil y arquitectura en la región, asegurando un desarrollo seguro y sostenible.

.....  
Ing. Manuel Nicolas Dután Chimborazo

Gerente General Constructora Inmobiliaria D-ABITA

Ruc. 0302982517001

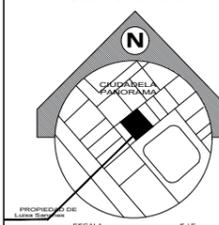


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
**SALESIANA**  
ECUADOR

UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
SALESIANA

FACULTAD DE  
INGENIERÍA  
CIVIL

UBICACIÓN



UBICACIÓN	
PROVINCIA	
CANTON	
PARROQUIA	
CIUDADELA	
MANZANA	
SOLARES	
COD. CATASTRAL	
CORDENADAS	
SUPERFICIE	

TEMA

Proyecto de Titulación

CONTENIDO

Planta Baja  
Primer Tipo  
Implantación  
Cortes  
Fachadas  
Cuadro de áreas

TUTOR

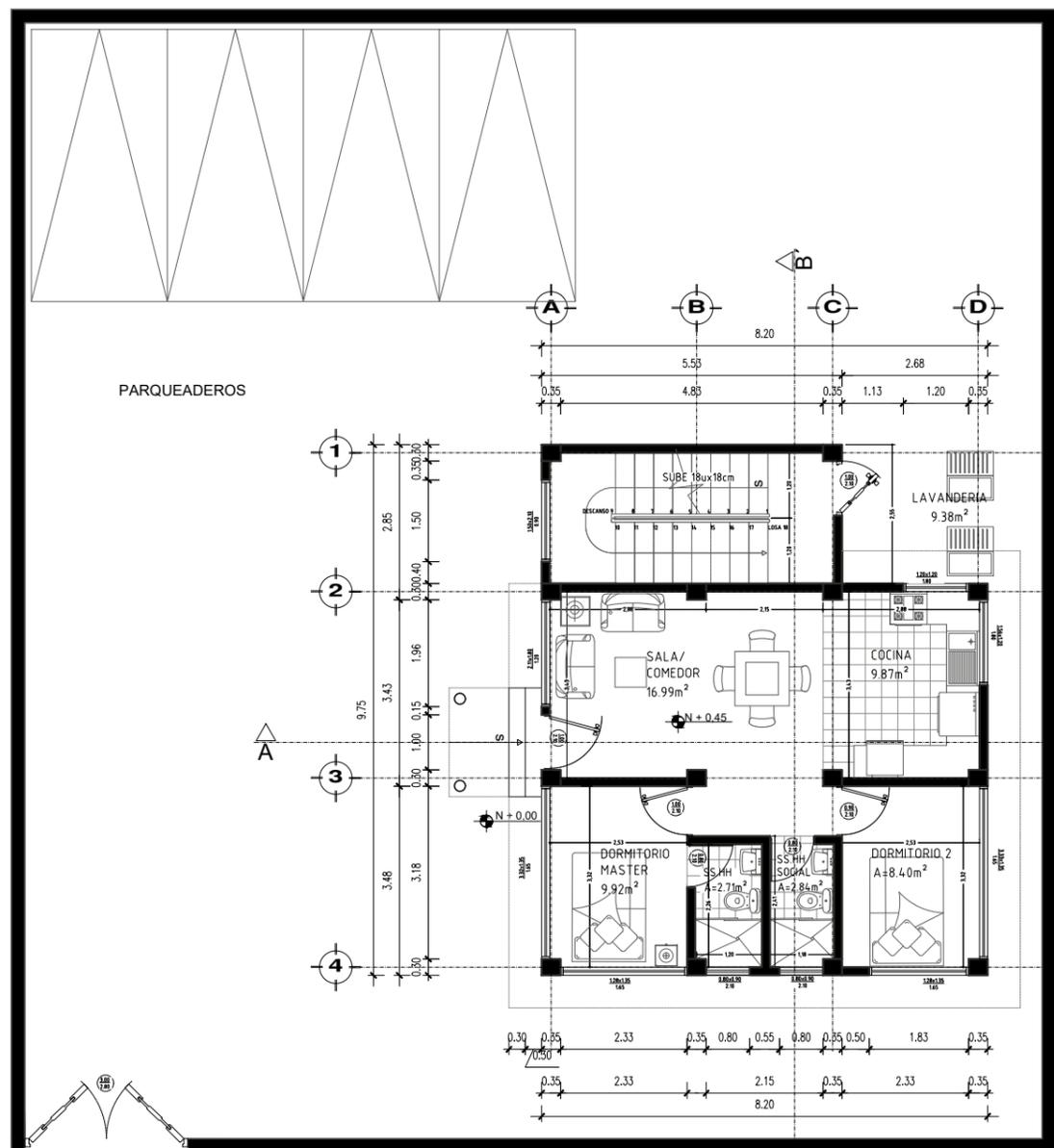
Ing. Kevin Proaño

AUTOR

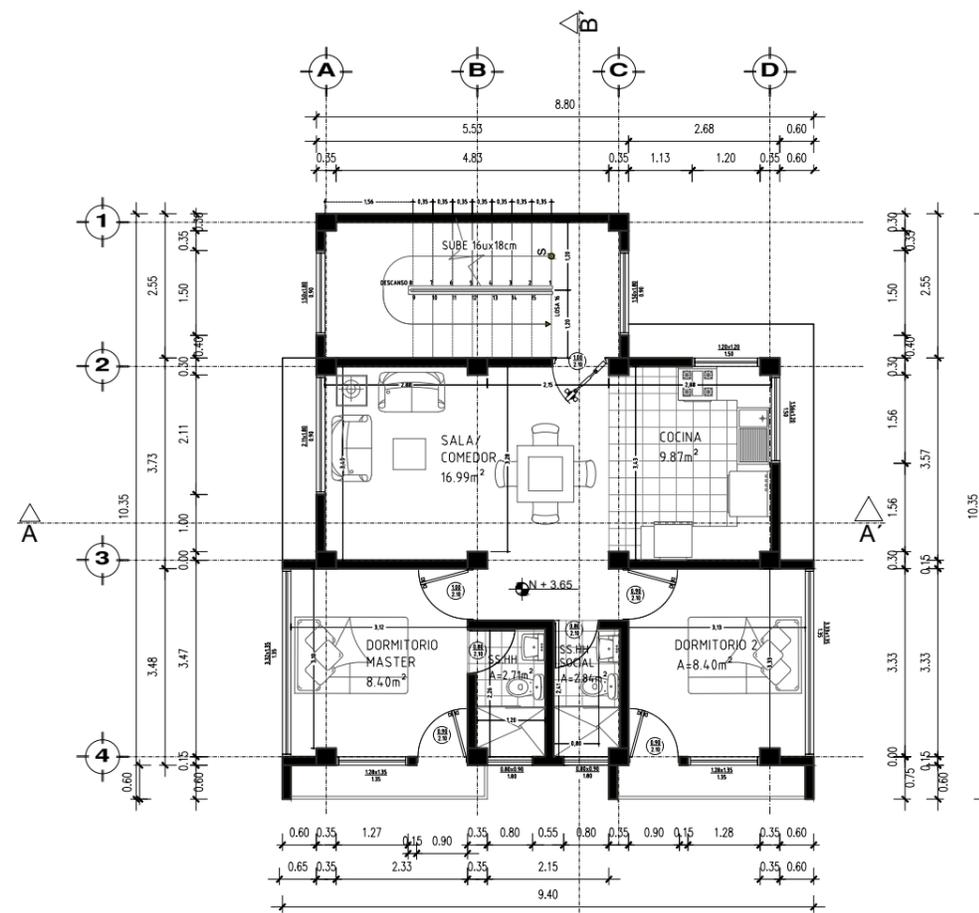
Liliana Vivanco  
Megan Asqui

ESCALA

Indicadas

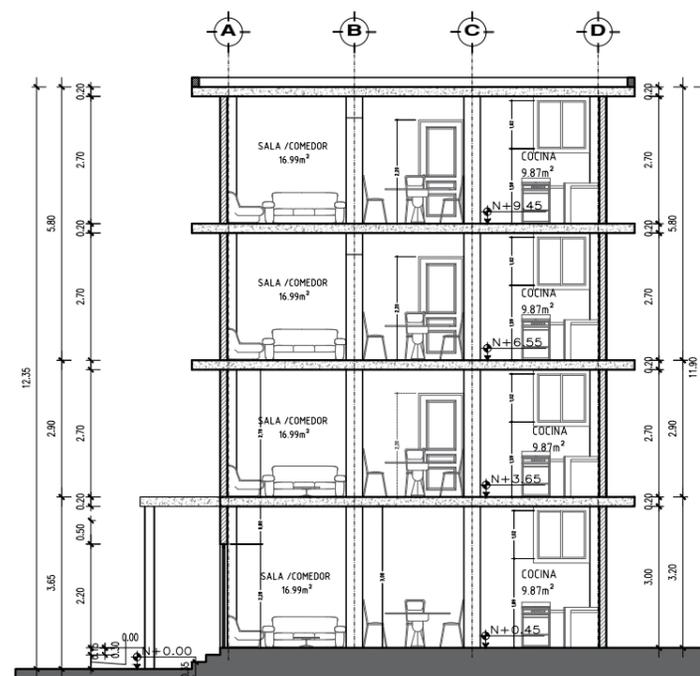


Planta Baja  
Área: 144.50 m<sup>2</sup>  
Escala 1\_150

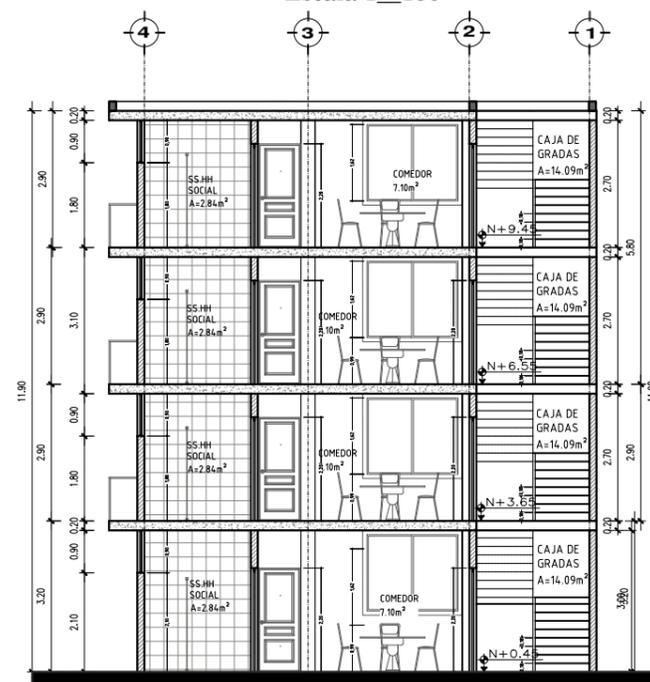


Planta Tipo 1-3  
Área: 63.21 m<sup>2</sup>  
Escala 1\_150

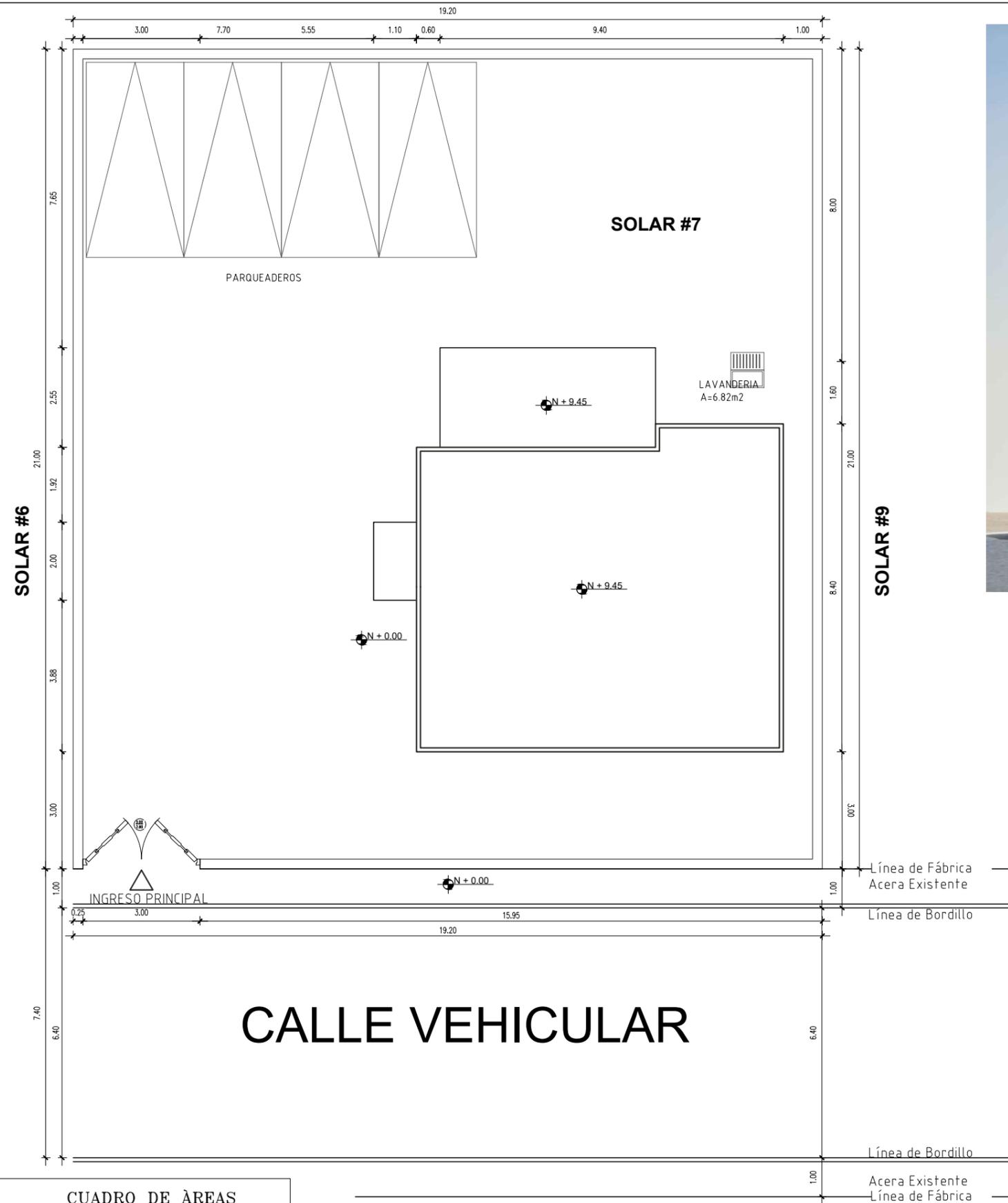
CUADRO DE ÁREAS	
PLANTA BAJA	59.04 m <sup>2</sup>
PRIMER PISO	63.21 m <sup>2</sup>
SEGUNDO PISO	63.21 m <sup>2</sup>
TERCER PISO	63.21 m <sup>2</sup>
CAJA DE GRADAS	14.09 m <sup>2</sup>
ÁREA TOTAL	199.55 m <sup>2</sup>



Corte A- A'  
Escala 1\_150



Corte B- B'  
Escala 1\_150



CUADRO DE ÁREAS	
PLANTA BAJA	59.04 m <sup>2</sup>
PRIMER PISO	63.21 m <sup>2</sup>
SEGUNDO PISO	63.21 m <sup>2</sup>
TERCER PISO	63.21 m <sup>2</sup>
CAJA DE GRADAS	14.09 m <sup>2</sup>
ÁREA TOTAL	199.55 m <sup>2</sup>

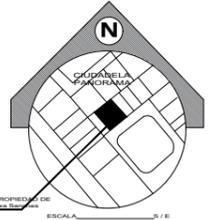
Implantación  
Escala 1\_125



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
SALESIANA

FACULTAD DE  
INGENIERÍA  
CIVIL

UBICACIÓN



UBICACIÓN	
PROVINCIA	
CANTON	
PARROQUIA	
CIUDADELA	
MANZANA	
SOLARES	
COD.CATASTRAL	
CORDENADAS	
SUPERFICIE	

TEMA

Proyecto de Titulación

CONTENIDO

Planta Baja  
Primer Tipo  
Implantación  
Cortes  
Fachadas  
Cuadro de áreas

TUTOR

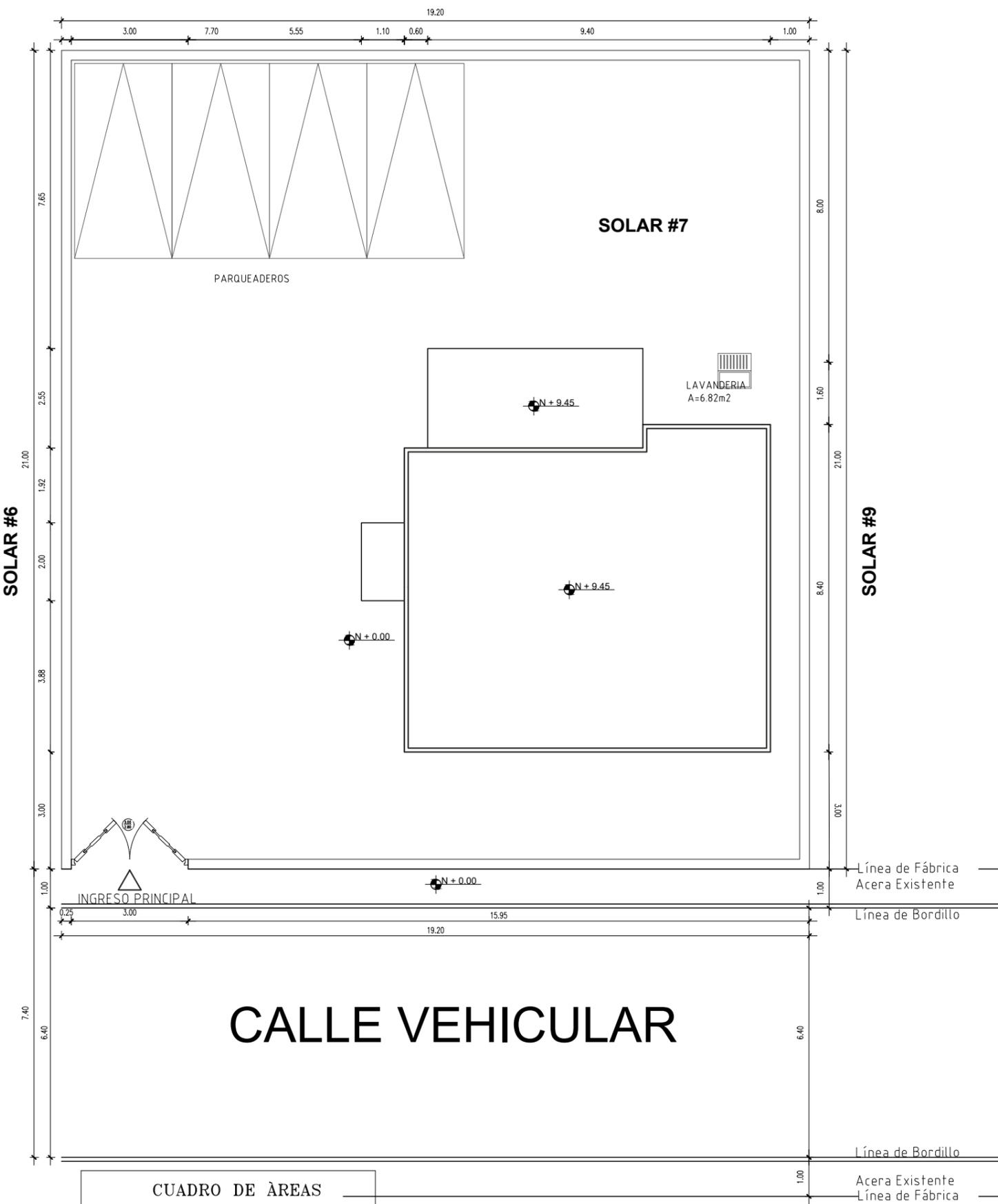
Ing. Kevin Proaño

AUTOR

Liliana Vivanco  
Megan Asqui

ESACALA

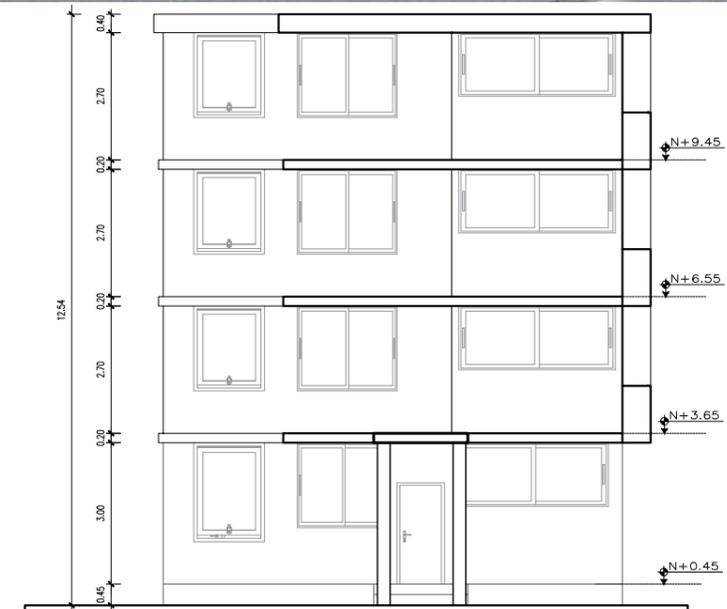
Indicadas



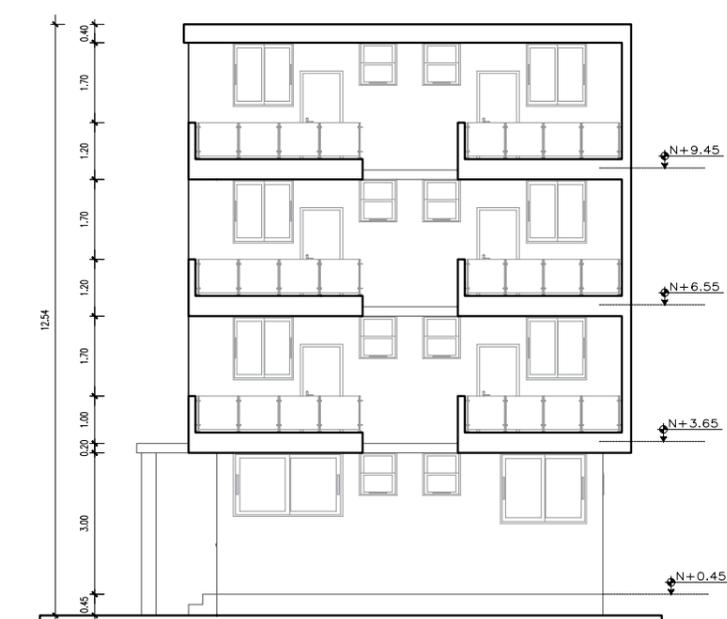
# CALLE VEHICULAR

CUADRO DE ÀREAS	
PLANTA BAJA	59.04 m2
PRIMER PISO	63.21 m2
SEGUNDO PISO	63.21 m2
TERCER PISO	63.21 m2
CAJA DE GRADAS	14.09 m2
ÀREA TOTAL	199.55 m2

Implantación  
Escala 1\_\_125



Fachada Frontal  
Escala 1\_\_150



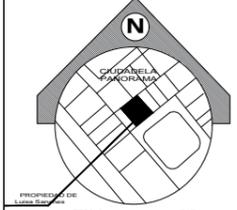
Fachada Lat. izquierda  
Escala 1\_\_150



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
SALESIANA

FACULTAD DE  
INGENIERÍA  
CIVIL

### UBICACIÓN



UBICACIÓN	
PROVINCIA	
CANTON	
PARROQUIA	
CIUDADELA	
MANZANA	
SOLARES	
COD.CATASTRAL	
CORDENADAS	
SUPERFICIE	

### TEMA

Proyecto de Titulación

### CONTENIDO

- Planta Baja
- Primer Tipo
- Implantación
- Cortes
- Fachadas
- Cuadro de áreas

### TUTOR

Ing. Kevin Proaño

### AUTOR

Liliana Vivanco  
Megan Asqui

### ESACALA

Indicadas