

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

**DESEMPEÑO DE EDIFICIOS ESPECIALES DURANTE SISMOS
EN ECUADOR - CASO DE ESTUDIO ESCUELAS Y CENTROS
DE EDUCACIÓN EN LA PROVINCIA DE MANABÍ**

AUTOR:

VERGARA VIVAS JULIO ADRIAN

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
Ingeniero Civil**

TUTOR:

Villacrés Sánchez, Alex Raúl, M.Sc.

Guayaquil, Ecuador

28 de febrero del 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERIA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Vergara Vivas Julio Adrián**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR (A)

f. _____
Ing. Villacrés Sánchez, Alex Raúl, M.Sc.

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. _____
Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther. M.Sc.

Guayaquil, a los 28 del mes de febrero del año 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERIA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Vergara Vivas Julio Adrián**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Desempeño de edificios especiales durante sismos en Ecuador - caso de estudio escuelas y centros de educación en la provincia de Manabí** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 28 días del mes de febrero del año 2020

EL AUTOR

f._ VERGARA VIVAS JULIO ADRIAN



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERIA CIVIL

AUTORIZACIÓN

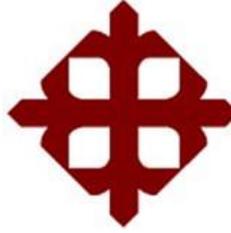
Yo, **Vergara Vivas Julio Adrián**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Desempeño de edificios especiales durante sismos en Ecuador - caso de estudio escuelas y centros de educación en la provincia de Manabí**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 28 días del mes de febrero del año 2020.

EL AUTOR:

f._ VERGARA VIVAS JULIO ADRIAN



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther. M.Sc.

DIRECTORA DE CARRERA

f. _____

Ing. Guillermo Ponce Vásquez, M.Sc.

COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

Ing. José Barros Cabezas, M.Sc.

OPONENTE

Urkund Analysis Result

Analysed Document: VERGARA_JULIO_FINAL.docx (D64085384)
Submitted: 2/19/2020 1:05:00 AM
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 3 %

Sources included in the report:

<https://docplayer.es/136647949-Facultad-de-ingenieria-carrera-de-ingenieria-civil.html>
<https://fr.slideshare.net/LeninStalinZrate/nec-seds>
<https://docplayer.es/42461-Norma-ecuatoriana-de-la-construccion-nec-diseno-sismo-resistente.html>
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-S%C3%ADsmico-parte-2.pdf>
<https://docplayer.es/amp/147658794-Facultad-de-ingenieria-civil-y-mecanica-carrera-de-ingenieria-civil-trabajo-experimental-previo-a-la-obtencion-del-titulo-de-ingeniero-civil.html>
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-DS.pdf>

Instances where selected sources appear:

34

Agradecimiento

Quiero agradecer de manera más sincera a mi madre (Nory Angelica Vivas Miranda) y a mi padre (Julio Justo Vergara Coronel), por haberme apoyado en esta etapa de mi vida a pesar de que existieron momentos difíciles, gracias a ellos pude salir adelante debido a que están siempre a mi lado sin importar el lugar, sitio u hora, ellos siempre me ayudaban en los proyectos, o actividad que tenía en la universidad. Por ello estaré eternamente agradecido con ellos porque supieron educarme de la mejor manera dándome todo lo necesario para salir adelante como un profesional. Además, quiero dedicar esta gran etapa de mi vida a mi hermana y mis abuelos que hoy en día no pueden estar conmigo, pero sé que ellos estarán felices de verme crecer y desempeñarme en el futuro como un profesional.

De forma muy especial quiero agradecer a mi enamorada (Mishelle Paola Barreto Montero), por ser una persona importante en mi vida con quien he compartido muchos momentos a mi lado tanto en la universidad como fuera de la misma, ha estado conmigo apoyándome en esta etapa muy importante para mí dándome fuerzas y ganas de seguir a delante aun cuando todo se veía difícil. Con el tiempo que llevamos juntos aparte de ser mi enamorada se ha convertido en mi pareja de aventuras estando conmigo en cada momento de forma que siempre estaré agradecido con ella porque a su lado he crecido como persona y como profesional. Además, me llevare conmigo todo esos momento únicos e inolvidables

Y de manera muy atenta quiero agradecer a mis amigos, compañeros y futuros colegas por las grandes experiencias y aprendizajes que me llevo, porque con ellos compartí muchos momentos en las aulas y fuera de las aulas que quedaran en recuerdos y anécdotas inolvidables.

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	2
1. Introducción	2
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Justificación.....	7
1.3. Objetivos.....	7
1.3.1. Objetivos General.....	7
1.3.2. Objetivos Específicos.....	7
1.4. Alcance	7
1.5. Metodología de investigación.....	8
CAPÍTULO II	10
2. Recopilación y selección de información.....	10
2.1. Fuentes de información	10
2.1.1. Periódicos y páginas web	10
2.1.2. Papers	10
2.1.3. Repositorios	11
2.1.4. Fotografías	12
CAPÍTULO III.....	13
3. Selección de los edificios de la provincia de Manabí	13
3.1. Estructuras de ocupación especial caso de estudio escuelas y centro educativos	13
3.2. Descripción de los edificios del caso de estudio	14
3.2.1. Unidad Educativa Linus Palling.....	14
3.2.2. Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús.....	16
3.2.3. Escuela "Unidad Educativa Salesiana San José".....	17
3.2.4. Universidad Laica Eloy Alfaro	19
3.2.5. Colegio Nacional Eloy Alfaro.....	21
3.2.6. Unidad Educativa Cristo Rey.....	22
3.2.7. Colegio Nacional cinco de junio	23
3.2.8. Colegio Nacional Mixto Amazonas	24
3.2.9. Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo.....	24
3.2.10. Universidad San Gregorio De Portoviejo	25
CAPITULO IV.....	27
4. Metodología	27

4.1.	Consideraciones bajo la Norma Ecuatoriana de la Construcción.....	27
4.1.1.	Curvas de peligro sísmico	27
4.1.2.	Niveles de Amenaza sísmica.....	27
4.1.3.	Gráfica de las curvas de peligro sísmico	28
4.1.4.	Zonificación sísmica y factor de zona Z	29
4.1.5.	Caracterización del tipo de suelo de las estructuras según NEC-15	30
4.1.6.	Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs	31
4.1.7.	Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones	32
4.1.8.	Espectro elástico de diseño en desplazamiento.....	34
4.1.9.	Determinación del periodo de vibración de la estructura T	35
4.1.10.	Factor de reducción de resistencia sísmica R.....	36
4.1.11.	Determinación del factor de reducción efectivo de resistencia sísmica...	37
4.1.12.	Control de derivas inelástica máxima de piso ΔM	37
4.1.13.	Desempeño sísmico de estructuras de ocupación especiales	38
4.2.	Clasificación del tipo de suelo en las ciudades de Manabí.....	39
4.2.1.	Estructuras de ocupación especial ubicadas en la ciudad de Manta.....	39
4.2.2.	Estructuras de ocupación especial ubicadas en la ciudad de Portoviejo..	42
4.2.3.	Estructuras de ocupación especial ubicadas en la ciudad de Chone	45
4.2.4.	Estructuras de ocupación especial ubicadas en la ciudad de Bahía de Caráquez.....	46
4.3.	Estaciones acelerográficas del Ecuador.....	48
4.3.1.	Estaciones acelerográficas ubicada en la provincia de Manabí	49
4.3.2.	Registro del acelerograma captado por la estación ACHN ubicada en la ciudad de Chone.....	51
4.3.3.	Registro del acelerograma captado por la estación APO1 ubicada en la ciudad de Portoviejo.....	52
4.3.4.	Registro del acelerograma captado por la estación AMNT ubicada en la ciudad de Manta	53
4.3.5.	Tipo de suelo en las estaciones acelerográficas ubicadas en Manabí ..	54
	Capítulo V.....	55
5.	Memoria de cálculo.....	55

5.1. Espectro de respuesta por curvas de peligro sísmico para suelos tipo B en Portoviejo.....	55
5.1.1. Sismo Frecuente.....	55
5.1.2. Sismo Ocasional.....	56
5.1.3. Sismo Raro.....	57
5.1.4. Sismo Muy Raro.....	59
5.1.5. Comparación de los diferentes niveles de amenaza por medio de espectros de respuesta en Portoviejo con suelo tipo B.....	60
5.2. Espectros de respuesta de diseño según la Nec-15 para diferentes niveles de amenaza sísmica.....	61
5.2.1. Espectro de respuesta de diseño para un sismo frecuente según Nec-15 en suelo tipo B.....	61
5.2.2. Espectro de respuesta de diseño para un sismo ocasional según Nec-15 en suelo tipo B.....	63
5.2.3. Espectro de respuesta de diseño para un sismo raro según Nec-15 en suelo tipo B.....	64
5.2.4. Espectro de respuesta de diseño para un sismo muy raro según Nec-15 en suelo tipo B.....	65
5.2.5. Comparación entre el espectro de respuesta según las curvas de peligro sísmico y el espectro de respuesta de diseño según la Nec-15 en suelo tipo B.....	67
5.3. Espectro de respuesta de diseño para diferentes niveles de amenaza según Nec-15 en suelo tipo D.....	69
5.3.1. Sismo frecuente.....	69
5.3.2. Sismo Ocasional.....	70
5.3.3. Sismo Raro.....	71
5.3.4. Sismo muy raro.....	72
5.4. Espectro de respuesta de diseño para diferentes niveles de amenaza según Nec-15 en suelo tipo E.....	73
5.4.1. Sismo frecuente.....	73
5.4.2. Sismo Ocasional.....	75
5.4.3. Sismo Raro.....	76
5.4.4. Sismo muy raro.....	77
5.5. Acelerograma ubicado en la ciudad de Manta.....	78
5.5.1. Espectro de respuesta de sitio de aceleración y desplazamiento.....	78

5.6.	Acelerograma ubicado en la ciudad de Portoviejo	80
5.6.1.	Espectro de respuesta de sitio de aceleración y desplazamiento	80
5.7.	Acelerograma ubicado en la ciudad de Chone y Bahía de Caráquez	82
5.7.1.	Espectro de respuesta de sitio de aceleración y desplazamiento	82
5.8.	Relación entre el tipo suelo de la estación del acelerograma y el tipo de suelo donde se encuentra cimentada la estructura de ocupación especial	84
5.8.1.	Cambio de funciones entre el tipo de suelo de la estación del acelerograma al tipo de suelo que se encuentra cimentada la estructura	85
5.8.2.	Espectro de respuesta de sitio de la ciudad de Manta modificado	87
5.8.3.	Espectro modificado de la ciudad de Chone	88
5.9.	Unidad Educativa Linus Palling	89
5.9.1.	Periodo de vibración de la estructura	89
5.9.2.	Deriva inelástica	89
5.9.3.	Factor de reducción de resistencia sísmica	90
5.9.4.	Desempeño sísmico de la estructura de ocupación especial	91
5.10.	Unidad Educativa Santa Mariana De Jesús	94
5.10.1.	Periodo de vibración de la estructura	94
5.10.2.	Deriva inelástica	94
5.10.3.	Factor de reducción de resistencia sísmica	95
5.10.4.	Desempeño sísmico de la estructura de ocupación especial	96
5.11.	Unidad Educativa Salesiana San José	99
5.11.1.	Periodo de vibración de la estructura	99
5.11.2.	Deriva inelástica	99
5.11.3.	Factor de reducción de resistencia sísmica	100
5.11.4.	Desempeño sísmico de la estructura de ocupación especial	101
5.12.	Universidad Laica Eloy Alfaro	104
5.12.1.	Periodo de vibración de la estructura	104
5.12.2.	Deriva inelástica	104
5.12.3.	Factor de reducción de resistencia sísmica	105
5.12.4.	Desempeño sísmico de la estructura de ocupación especial	106
5.13.	Colegio Nacional Eloy Alfaro	109
5.13.1.	Periodo de vibración de la estructura	109
5.13.2.	Deriva inelástica	109
5.13.3.	Factor de reducción de resistencia sísmica	110

5.13.4.	Desempeño sísmico de la estructura de ocupación especial	111
5.14.	Unidad Educativa Cristo Rey	114
5.14.1.	Periodo de vibración de la estructura	114
5.14.2.	Deriva inelástica.....	114
5.14.3.	Factor de reducción de resistencia sísmica	115
5.14.4.	Desempeño sísmico de la estructura de ocupación especial	116
5.15.	Colegio Nacional Cinco De Junio.....	119
5.15.1.	Periodo de vibración de la estructura	119
5.15.2.	Deriva inelástica.....	119
5.15.3.	Factor de reducción de resistencia sísmica	120
5.15.4.	Desempeño sísmico de la estructura de ocupación especial	121
5.16.	Colegio Nacional Mixto Amazonas.....	124
5.16.1.	Periodo de vibración de la estructura	124
5.16.2.	Deriva inelástica.....	124
5.16.3.	Factor de reducción de resistencia sísmica	125
5.16.4.	Desempeño sísmico de la estructura de ocupación especial	126
5.17.	Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo	129
5.17.1.	Periodo de vibración de la estructura	129
5.17.2.	Deriva inelástica.....	129
5.17.3.	Factor de reducción de resistencia sísmica	130
5.17.4.	Desempeño sísmico de la estructura de ocupación especial	131
5.18.	Universidad San Gregorio De Portoviejo	134
5.18.1.	Periodo de vibración de la estructura	134
5.18.2.	Deriva inelástica.....	134
5.18.3.	Factor de reducción de resistencia sísmica	135
5.18.4.	Desempeño sísmico de la estructura de ocupación especial	136
5.19.	Resultados obtenidos	139
CAPÍTULO VI.....		142
6.	Conclusiones y recomendaciones	142
6.1.	Conclusiones.....	142
6.2.	Recomendaciones.....	144
Referencias Bibliográficas		145

Índice de tablas

Tabla 1 Terremotos del Ecuador con mayor afectación.....	4
Tabla 2 Terremotos del Ecuador con mayor afectación.....	4
Tabla 3 Escuelas y centros educativos seleccionados para el análisis del caso de estudio	13
Tabla 4 Niveles de amenazas sísmica	27
Tabla 5 Valor del factor Z.....	29
Tabla 6 Valor del factor Z en la provincia de Manabí	30
Tabla 7 Tipos de suelo según la NEC (2015).....	30
Tabla 8 Coeficiente Fa que depende el tipo de suelo	31
Tabla 9 Coeficiente Fd que depende del tipo de suelo.....	32
Tabla 10 Factor Fs que depende del tipo de suelo	32
Tabla 11 Coeficientes para determinar el periodo de vibración de la estructura	36
Tabla 12 Factor de reducción de resistencia	36
Tabla 13 Límites para las derivas entre pisos.....	38
Tabla 14 Niveles de desempeño sísmico para estructuras de uso especial	38
Tabla 15 Determinación de las ondas de corte de los colegios ubicados en la ciudad de Manta.....	40
Tabla 16 Determinación del tipo de suelo de las estructuras ubicadas en Manta	41
Tabla 17 Determinación de las ondas de corte de los colegios ubicados en la ciudad de Portoviejo	43
Tabla 18 Determinación del tipo de suelo de las estructuras ubicadas en Portoviejo.....	44
Tabla 19 Determinación del tipo de suelo de las estructuras ubicadas en Chone	46
Tabla 20 Determinación del tipo de suelo de las estructuras ubicadas en Bahía de Caraquez.....	47
Tabla 21 Características de los acelerogramas ubicados en la provincia de Manabí después del sismo	49
Tabla 22 Tipos de suelo de las estaciones acelerograficas de la provincia de Manabí	54
Tabla 23 Sismo frecuente Periodo - Aceleración.....	55
Tabla 24 Sismo ocasional, Periodo - Aceleración	57
Tabla 25 Sismo raro, Periodo - Aceleración	58
Tabla 26 Sismo muy raro, Periodo - Aceleración	60
Tabla 27 Suelo tipo B - Sismo frecuente	62

Tabla 28 Suelo tipo B - Sismo ocasional	63
Tabla 29 Suelo tipo B sismo ocasional, T Periodo - Sa Aceleración.....	63
Tabla 30 Suelo tipo B - Sismo raro	64
Tabla 31 Suelo tipo B - Sismo muy raro.....	65
Tabla 32 Suelo tipo B sismo muy raro T Periodo - Sa Aceleración	66
Tabla 33 Suelo tipo B - Sismo frecuente	69
Tabla 34 Suelo tipo D - Sismo ocasional.....	70
Tabla 35 Suelo tipo D - Sismo raro.....	71
Tabla 36 Suelo tipo D - Sismo muy raro.....	72
Tabla 37 Suelo tipo E - Sismo frecuente.....	74
Tabla 38 Suelo tipo E - Sismo ocasional.....	75
Tabla 39 Suelo tipo D - Sismo raro.....	76
<i>Tabla 40</i> Suelo tipo D - Sismo muy raro	77
Tabla 41 Comparación entre el tipo de suelo de la estación y el tipo de suelo de la estructura.....	84
Tabla 42 Periodos de vibración del acelerograma	85
Tabla 43 Periodos de vibración del acelerograma Modificando el tipo de suelo.....	86
Tabla 44 Relación entre el espectro del acelerograma modificado y el espectro del acelerograma original.....	86
Tabla 45 Periodo de vibración Unidad Educativa Linus Palling	89
Tabla 46 Deriva inelástica.....	90
Tabla 47 Determinación del factor de reducción efectivo – sismo 16-04-2016	91
Tabla 48 Periodo de vibración Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús	94
Tabla 49 Deriva inelástica de la Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús.....	95
Tabla 50 Determinación del factor de reducción efectivo – sismo 16-04-2016	96
Tabla 51 Periodo de vibración Unidad Educativa Salesiana San José.....	99
Tabla 52 Deriva inelástica de la Unidad Educativa Salesiana San José.....	100
Tabla 53 Determinación del factor de reducción efectivo – sismo 16-04-2016	101
Tabla 54 Periodo de vibración Universidad Laica Eloy Alfaro	104
Tabla 55 Deriva inelástica de la Universidad Laica Eloy Alfaro.....	105
Tabla 56 Determinación del factor de reducción efectivo – sismo 16-04-2016	106
Tabla 57 Periodo de vibración Colegio Nacional Eloy Alfaro	109
Tabla 58 Deriva inelástica del Colegio Nacional Eloy Alfaro.....	110
Tabla 59 Determinación del factor de reducción efectivo – sismo 16-04-2016	111

Tabla 60 Periodo de vibración Unidad Educativa Cristo Rey.	114
Tabla 61 Deriva inelástica de la Unidad Educativa Cristo Rey.	115
Tabla 62 Determinación del factor de reducción efectivo – sismo 16-04-2016.	116
Tabla 63 Periodo de vibración del Colegio Nacional Cinco de Junio.....	119
Tabla 64 Deriva inelástica del Colegio Nacional Cinco de Junio.....	120
Tabla 65 Determinación del factor de reducción efectivo – sismo 16-04-2016.	121
Tabla 66 Periodo de vibración de la Unidad Educativa Amazonas	124
Tabla 67 Deriva inelástica del Colegio Nacional Mixto Amazonas	125
Tabla 68 Determinación del factor de reducción efectivo – sismo 16-04-2016.	126
Tabla 69 Periodo de vibración de la Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo	129
Tabla 70 Deriva Inelástica de la Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo.	130
Tabla 71 Determinación del factor de reducción efectivo – sismo 16-04-2016.	131
Tabla 72 Periodo de vibración de la Universidad San Gregorio de Portoviejo	134
Tabla 73 Deriva inelástica de la Universidad San Gregorio de Portoviejo.....	135
Tabla 74 Determinación del factor de reducción efectivo – sismo 16-04-2016.	136
Tabla 75 Resultados obtenidos entre estructuras de ocupación especial y Desempeño sísmico	139

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de sismo del Ecuador	2
Figura 2. Periódico de página web	10
Figura 3. Paper dirigido por la Dra. Sissy Nikolaou, el Dr. Xavier Vera Grunauer y el Dr. Ramon Gilsanz en conjunto con la agrupación (GEER).....	11
Figura 4. Fotografía capturada por el Ing. Alex Villacrés el 30 de abril del 2017	12
Figura 5. Unidad Educativa Linus Palling después del terremoto del 16 de abril 2016	14
Figura 6. Unidad Educativa Linus Palling después del terremoto del 16 de abril 2016	14
Figura 7. Fotografía del colapsó de la Unidad Educativa Linus Palling	15
Figura 8. Fotografía de la Unidad Educativa Linus Palling actualmente tomada por Julio Vergara	15
Figura 9. Fotografía de la Unidad Educativa Linus Palling actualmente tomada por Julio Vergara	15
Figura 10. Fotografía de la Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús, tomada del sitio web el Diario (2016)	16
Figura 11. Fotografía de la Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús, tomada del sitio web el Diario (2016)	16
Figura 12. Fotografía de la Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús actualmente tomada por Julio Vergara	17
Figura 13. Fotografía de la Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús actualmente tomada por Julio Vergara	17
Figura 14. Fotografía capturada por el Ing. Alex Villacrés el 30 de abril del 2017 .	18
Figura 15. Fotografía capturada por el Ing. Alex Villacrés el 30 de abril del 2017 .	18
Figura 16. Fotografía actual de la Unidad Educativa Salesiana San José, tomada por Julio Vergara	19
Figura 17. Fotografía tomada de la página web del noticiero NTI	19
Figura 18. Fotografía del proceso de demolición de la Universidad Laica Eloy Alfaro	20
Figura 19. Fotografía de la actual Universidad laica Eloy Alfaro, tomada por Julio Vergara.....	20
Figura 20. Fotografía del antiguo departamento de administración estudiantil	20

Figura 21. Fotografía de elementos estructurales que colapsaron en el terremoto del 16 de abril del 2016.....	21
Figura 22. Fotografía de la Unidad Educativa fiscal Eloy Alfaro tomada por el Ing. Alex Villacrés el 30 de abril del 2017.....	21
Figura 23. Fotografía de la Unidad Educativa fiscal Eloy Alfaro tomada por el Ing. Alex Villacrés el 30 de abril del 2017.....	22
Figura 24. Fotografía de la Unidad Educativa Cristo Rey captada por el documento GEER-ATC.....	22
Figura 25. Fotografía de la actual Unidad Educativa Cristo Rey.....	23
Figura 26. Fotografía del actual Colegio Nacional cinco de Junio.....	23
Figura 27. Fotografía del actual Colegio Nacional Mixto Amazonas.....	24
Figura 28. Fotografía de la Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo.....	25
Figura 29. Fotografía de la actual Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo.....	25
Figura 30. Fotografía de la Universidad San Gregorio de Portoviejo.....	26
Figura 31. Fotografía de las áreas libre de la Universidad San Gregorio de Portoviejo.....	26
Figura 32. Fotografía de las instalaciones actualmente de la Universidad San Gregorio de Portoviej.....	26
Figura 33. Curvas de Peligro sísmico Portoviejo.....	28
Figura 34. Mapa de Zonificación sísmica del Ecuador.....	29
Figura 35. Nota: Adaptado de: "Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente ", por NEC., 2015, Componente del espectro elástico del diseño, p.33.....	33
Figura 36. Nota: Adaptado de: "Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente ", por NEC., 2015, Componente del espectro elástico del diseño en desplazamiento, p.36.....	34
Figura 37. Caracterización geográfica del suelo de Manta.....	40
Figura 38. Caracterización geográfica del suelo de Chone.....	46
Figura 39. Caracterización geográfica del suelo de Bahía de Caráquez.....	47
Figura 40. Fotografía tomada del IGM - Mapa de la red acelerografica del Ecuador.....	48
Figura 41. Fotografía tomada del GEER-ATC (2016) p.127.....	49
Figura 42. Fotografía tomada del GEER-ATC (2016) p.127.....	50
Figura 43. Fotografía tomada del GEER-ATC (2016) p.128.....	50
Figura 44. Fotografía tomada del GEER-ATC (2016) p.131 Estación de la ciudad de Chone.....	51

Figura 45. Fotografía tomada del GEER-ATC (2016) p.142 Estación de la ciudad de Portoviejo	52
Figura 46. Fotografía tomada del GEER-ATC (2016) p.143 Estación de la ciudad de Manta.....	53
Figura 47. Curvas de Peligro de la provincia de Portoviejo en diferentes periodos con un nivel de sismo frecuente	55
Figura 48. Espectro de respuesta para un sismo frecuente Portoviejo - Suelo tipo B	56
Figura 49. Curvas de Peligro de la provincia de Portoviejo en diferentes periodos con un nivel de sismo ocasional.....	56
Figura 50. Espectro de respuesta para un sismo frecuente Portoviejo - Suelo tipo B	57
Figura 51. Curvas de Peligro de la provincia de Portoviejo en diferentes periodos con un nivel de sismo raro	58
Figura 52. Espectro de respuesta para un sismo raro Portoviejo - Suelo tipo B	59
Figura 53. Curvas de Peligro de la provincia de Portoviejo en diferentes periodos con un nivel de sismo muy raro	59
Figura 54. Espectro de respuesta para un sismo muy raro Portoviejo - Suelo tipo B	60
Figura 55. Espectro de respuesta para diferentes niveles de amenaza sísmica en Portoviejo - Suelo Tipo B	61
Figura 56. Espectro de respuesta de diseño para un sismo frecuente según la NEC-15 en Portoviejo - Suelo tipo B	62
Figura 57. Espectro de respuesta de Diseño para un sismo ocasional según la NEC-15 en Portoviejo Suelo tipo B	64
Figura 58. Espectro de respuesta de diseño para sismo raro según NEC-15 en Portoviejo - Suelo tipo B.....	65
Figura 59. Espectro de respuesta de diseño para un sismo muy raro según NEC-15 en Portoviejo - Suelo tipo B.....	66
Figura 60. Espectro para sismo frecuente Portoviejo - Suelo tipo B	67
Figura 61. Espectro para sismo ocasional Portoviejo - Suelo tipo B	67
Figura 62. Espectro para sísmico raro e Portoviejo - Suelo tipo B.....	68
Figura 63. Espectro para sismo muy raro en Portoviejo - Suelo tipo B.....	68
Figura 64. Espectro de respuesta de diseño para sismo frecuente según NEC-15 en Portoviejo para suelo tipo D.....	70

Figura 65. Espectro de respuesta de diseño para un sismo ocasional según NEC-15 en Portoviejo - Suelo tipo D.....	71
Figura 66. Espectro de respuesta de diseño para un sismo raro según NEC-15 en Portoviejo suelo tipo D.....	72
Figura 67. Espectro de respuesta de diseño para un sismo muy raro según NEC-15 en Portoviejo -suelo tipo D	73
Figura 68. Espectro de respuesta de diseño para sismo frecuente NEC-15 en Portoviejo para suelo tipo E.....	74
Figura 69. Espectro de respuesta de diseño para sismo frecuente NEC-15 en Portoviejo para suelo tipo E.....	75
Figura 70. Espectro de respuesta de diseño para sismo raro según NEC-15 en Portoviejo - Suelo tipo D.....	76
Figura 71. Espectro de respuesta de diseño para sismo muy raro según NEC-15 en Portoviejo - Suelo tipo D.....	77
Figura 72. Acelerograma ubicado en Manta	78
Figura 73. Desplazamiento de respuesta de sitio en la ciudad de Manta con suelo Tipo C (m)	79
Figura 74. Espectro de respuesta de sitio de la estación AMNT N-S con suelo tipo C	79
Figura 75. Acelerograma ubicado en la ciudad de Portoviejo	80
Figura 76. Desplazamiento de respuesta de sitio en la ciudad de Portoviejo con suelo tipo d (m).....	81
Figura 77. Espectro de respuesta de sitio de la estación APO1 N-S en suelo tipo D (m)	81
Figura 78. Acelerograma ubicado en la ciudad de Chone y Bahía de Caráquez	82
Figura 79. Desplazamiento de respuesta de sitio en la ciudad de Chone con suelo tipo d (m).....	83
Figura 80. Espectro de respuesta de sitio de la estación ACHN N-S en suelo tipo D	83
Figura 81. Desplazamiento de respuesta de sitio en la ciudad de Manta modificado para suelo tipo D (m).....	87
Figura 82. Espectro de respuesta de sitio de la estación AMNT N-S modificado para suelo tipo D	87

Figura 83. Espectro de respuesta de sitio en la ciudad de Chone modificado para suelo tipo E (m)	88
Figura 84. Espectro de respuesta de sitio de la estación ACHN N-S modificado para suelo tipo E.....	88
Figura 85. Desplazamiento de respuesta de sitio en la ciudad de Manta modificado para suelo tipo D (m).....	90
Figura 86. Espectro de respuesta de aceleración de la Unidad Educativa Linus Palling	91
Figura 87. Respuesta estructural de la Unidad Educativa Linus Palling durante el sismo del 16-04-2016. Suelo Modificado tipo D	92
Figura 88. Desplazamiento de respuesta de sitio en la ciudad de Portoviejo con suelo tipo D (m).....	95
Figura 89. Espectro de respuesta de aceleración Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús	96
Figura 90. Respuesta estructural de la Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús durante el sismo del 16-04-2016. Suelo tipo D.....	97
Figura 91. Desplazamiento de respuesta de sitio en la ciudad de Manta modificado con suelo tipo D (m).....	100
Figura 92. Espectro de respuesta de aceleración Unidad Educativa Salesiana San José	101
Figura 93. Respuesta estructural de la Unidad Educativa Salesiana San después del sismo del 16-04-2016. Suelo tipo D.....	102
Figura 94. Desplazamiento de Respuesta de sitio en la ciudad de Manta modificado para suelo tipo D (m)	105
Figura 95. Espectro de respuesta de aceleración Universidad Laica Eloy Alfaro... ..	106
Figura 96. Respuesta estructural de la Universidad Laica Eloy Alfaro después del sismo del 16-04-2016. Suelo tipo D.....	107
Figura 97. Desplazamiento de Respuesta de sitio en la ciudad de Chone con suelo tipo D (m).....	110
Figura 98. Espectro de respuesta de aceleración del Colegio Nacional Eloy Alfaro	111
Figura 99. Respuesta estructural del Colegio Nacional Eloy Alfaro después del sismo del 16-04-2016. Suelo tipo D.....	112

Figura 100. Desplazamiento de respuesta de sitio en la ciudad de Portoviejo con suelo tipo D (m).....	115
Figura 101. Espectro de respuesta de aceleración de la Unidad Educativa Cristo Rey	116
Figura 102. Respuesta estructural de la Unidad Educativa Cristo Rey después del sismo del 16-04-2016. Suelo tipo D.....	117
Figura 103. Desplazamiento de respuestas de sitio en la ciudad de Manta modificado para suelo tipo D (m).....	120
Figura 104. Espectro de respuesta de aceleración del Colegio Nacional Cinco de Junio	121
Figura 105. Respuesta estructural del Colegio Nacional Cinco de Junio después del sismo del 16-04-2016. Suelo tipo D.....	122
Figura 106. Desplazamiento de respuesta de sitio en la ciudad de Chone modificado para suelo tipo E (m).....	125
Figura 107. Espectro de respuesta de aceleración del Colegio Nacional Mixto Amazonas.....	126
Figura 108. Respuesta estructural del Colegio Nacional Mixto Amazonas después del sismo del 16-04-2016. Suelo tipo E.....	127
Figura 109. Desplazamiento de respuesta de sitio en la ciudad de Manta modificada para suelo tipo D (m).....	130
Figura 110. Espectro de respuesta de aceleración de unidad educativa Fiscomisional Juan Montalvo.....	131
Figura 111. Respuesta estructural de la Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo después del sismo del 16-04-2016. Suelo tipo D.....	132
Figura 112. Desplazamiento de respuestas de sitio en la ciudad de Portoviejo con suelo tipo D (m).....	135
Figura 113. Espectro de respuesta de aceleración de la Universidad San Gregorio de Portoviejo.....	136
Figura 114. Respuesta estructural de la Universidad San Gregorio de Portoviejo después del sismo del 16-04-2016. Suelo tipo D.....	137

Resumen

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo determinar el desempeño de edificios especiales durante sismos en Ecuador, enfocándose en escuelas y centros de educación en la provincia de Manabí, debido que sufrieron daños y quedaron fuera de servicio, aun cuando las características de dichos sismos en los sitios de ubicación de esas edificaciones, correspondían a sismos frecuentes u ocasionales que según la Normativa Ecuatoriana de la Construcción deberá tener prevención de daños y de colapso.

En el caso del sismo del 16 de abril de 2016, hubo varios casos de edificios que colapsaron en la mayor parte de su estructura después del evento y, por el contrario, hubo edificaciones de ese tipo que continuaron prestando servicios, aún después de sismos raro y muy raro.

Para ello, se decidió recopilar información existente de diarios locales e informes elaborados por profesionales sobre edificios de escuelas y centros educativos; que hayan sufrido daños durante los sismos ocurridos en el Ecuador. Con el objetivo de identificar el tipo de suelo existente en cada una de las edificaciones seleccionadas para el caso de estudio, de forma que con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS y los informes de los acelerogramas de la provincia de Manabí, se obtendrán los espectros del acelerogramas y los espectros de respuesta de los movimientos del suelo durante el sismo, para las ubicaciones de las edificaciones en estudio

Palabras Claves: Periodo de vibración, derivas inelásticas, espectros de respuesta, acelerograma, onda de corte, estación, curvas de peligro sísmico.

ABSTRACT

The objective of this degree work is to determine the performance of special buildings during earthquakes in Ecuador, focusing on schools and educational centers in the province of Manabí, due to damage and loss of service. Even though the characteristics of such earthquakes at the sites of location of these buildings corresponded to frequent or occasional earthquakes which according to the Ecuadorian Regulations of the Construction must have prevention of damage and collapse.

In the case of the earthquake of 16 April 2016, there were several cases of buildings that collapsed in most of its structure after the event and on the contrary, there were buildings of this type that continued to provide services, even after rare and very rare earthquakes.

To this end, it was decided to collect existing information from local newspapers and reports prepared by professionals on school buildings and educational centers; that they have suffered damage during earthquakes in Ecuador. With the aim of identifying the type of soil existing in each of the buildings selected for the case study, so that with the Ecuadorian Standard of Construction NEC-SE-DS and the reports of the accelerograms of the province of Manabí, the spectra of the acelerograms and the response spectra of the movements of the soil during the earthquake will be obtained for the locations of the buildings under study.

Key words: Vibration period, inelastic shunts, response spectra, acelerogram, cutting wave, station, seismic hazard curves.

CAPÍTULO I

1. Introducción

Ecuador, es un país que se encuentra ubicado en el cinturón de fuego del pacífico y es el área geográfica del planeta con más actividad sísmica, que vista en porcentaje concentra un 80% de la sismicidad en el planeta, es por ello que los terremotos en Ecuador son originados por la subducción de dos placas tectónicas: la placa de Nazca (placa oceánica) que al ser más densa se introduce bajo la placa Sudamericana (placa continental) provocando tensiones en el terreno lo cual induce desplazamiento importantes en el suelo.

Los sismos no causan daño a las estructuras sino la fuerza de inercia que es generada por la vibración de la masa de dicha edificación, vista de manera muy simplificada como el movimiento de un péndulo invertido. Los daños más severos que registran las estructuras durante un sismo, son originados por el alto grado de exposición que tiene la cimentación de la estructura con la propagación de las ondas sísmicas superficiales, que dependiendo del tipo de suelo en el que está soportada la propagación de ondas tendrá mayor o menor amplitud, dicha ampliación de ondas reflejará la cantidad de daño que soportará la estructura. Teniendo en cuenta que ciertas regiones del Ecuador están más expuestas a un alto grado de aceleración de la gravedad en el suelo, como lo indica el mapa de zonificación sísmica elaborado por la Norma Ecuatoriana de la Construcción, que nos muestran que las zonas costeras y región interandina presentan un peligro sísmico alto en comparación con otras regiones del Ecuador.



Figura 1. Mapa de sismo del Ecuador

En el presente trabajo de titulación el enfoque será el análisis de estructuras de ocupación especial las cuales corresponden a: “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” (NEC, 2014, p.39). En un periodo corto de tiempo, por lo que deben estar en operación y prestar el servicio correspondiente después de un sismo.

El caso de estudio que analizaremos corresponde a escuelas y centros de educación dichas edificaciones poseen un nivel de desempeño de prevención de colapso (5-E) que según la NEC lo clasifica como nivel de seguridad de vida dando a conocer que el edificio es económicamente (Espaciadora, 2016) reparable después de un sismo con periodo de retorno ($t_r = 2500$ años) con probabilidad de excedencia de 50 años de un 2% (NEC, 2014).

Los daños que existen en las estructuras ecuatorianas después de un sismo se deben a que, en un gran porcentaje, han sido construidas de manera informal, ya que ha existido la carencia de un profesional a cargo para realizar los estudios pertinentes antes y durante la ejecución de la obra. Espaciadora (2016) afirma que:

Esto se traduce en reducción de cantidad y calidad de materiales, uso incorrecto de los elementos, ausencia de estudios técnicos y uso de mano de obra no calificada para la construcción. Todo esto representa un ahorro importante en la construcción de su vivienda, pero también el vaticinio de un desastre.

Dando como resultado una edificación que dependiendo de la zona que se encuentre tendrá mayor susceptibilidad al colapso. Como nos enfocaremos en edificios de ocupación especial ubicados en Manabí este porcentaje de edificaciones informales formarán parte en este caso de estudio considerando que dicha provincia se encuentra en las zonas costeras con mayor nivel de sismicidad.

1.1. Antecedentes

Las afectaciones que han ocurrido durante los sismos en Ecuador han sido innumerables dejando cuantiosas pérdidas humanas y económicas. A pesar de que Ecuador posee un registro sísmico muy limitado, existe evidencia de la destrucción que han dejado los sismos en décadas anteriores, sin embargo, esta evidencia se muestra a través de la intensidad que es percibida por los ciudadanos.

En lo que a la intensidad se refiere, los terremotos de grado igual o mayor a VIII MM (Mercalli Modificada), son aquellos cuyos efectos se catalogan entre

considerables y catastróficos, razón por la cual se los considera para los estudios de análisis de peligro sísmico. En concordancia con este criterio, para nuestro territorio, se ha extraído del Catálogo de Terremotos del Ecuador el listado de los eventos que han tenido intensidades iguales o mayores a VIII (Tabla 1) y que, por consiguiente, han constituido verdaderas catástrofes en nuestra historia. (Rivadeneira, et al., 2007).

Tabla 1 *Terremotos del Ecuador con mayor afectación*

No.	FECHA		EPICENTRO		INT MAX	ZONA DE MAYOR AFECTACIÓN
	Año/mes/día		Lat.	Lon.		
1	1541	04 sd	0,10	-77,80	VIII	Napo
2	1587	08 31	0,00	78,40	VIII	Pichincha
3	1645	03 15	1,68	-78,55	IX	Chimborazo, Tungurahua
4	1674	08 29	1,70	-79,00	IX	Chimborazo, Bolívar
5	1687	11 22	-1,10	-78,25	VIII	Tungurahua
6	1698	06 20	1,45	78,30	X	Tungurahua, Chimborazo
7	1736	12 06	0,78	78,80	VIII	Pichincha, Cotopaxi
8	1749	01 20	4,00	79,20	VIII	Loja
9	1755	04 28	0,21	78,48	VIII	Pichincha
10	1757	02 22	0,93	78,61	IX	Cotopaxi, Tungurahua
11	1786	05 10	1,70	78,80	VIII	Chimborazo
12	1797	02 04	-1,43	-78,55	XI	Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi, Bolívar
13	1834	01 20	1,30	-76,90	XI	Carchi, Nariño* (Colombia)
14	1859	03 22	0,40	78,40	VIII	Pichincha, Imbabura, Cotopaxi
15	1868	08 15	0,60	78,00	VIII	Carchi
16	1868	08 16	0,31	78,18	IX	Imbabura, Carchi, Pichincha
17	1896	05 03	0,51	80,45	IX	Manabí
18	1906	01 31	1,00	81,30	IX	Esmeraldas, Nariño (Colombia)
19	1911	09 23	1,70	-78,90	VIII	Chimborazo, Bolívar

Nota: Adaptado de “Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador”, por Rivadeneira, et al., 2007, p. 29

Tabla 2 *Terremotos del Ecuador con mayor afectación*

No.	FECHA		EPICENTRO		INT MAX	ZONA DE MAYOR AFECTACIÓN
	Año/mes/día		Lat.	Lon.		
20	1913	02 23	4,00	79,40	VIII	Loja, Azuay
21	1914	05 31	0,50	78,48	VIII	Pichincha, Cotopaxi
22	1923	02 05	0,50	78,50	VIII	Pichincha
23	1923	12 16	0,90	77,80	VIII	Carchi, Nariño (Colombia)
24	1926	12 18	0,80	77,90	VIII	Carchi
25	1929	07 25	0,40	78,55	VIII	Pichincha
26	1938	08 10	0,30	78,40	VIII	Pichincha
27	1942	05 14	0,01	-80,12	IX	Manabí, Guayas, Bolívar
28	1949	08 05	1,25	78,37	X	Tungurahua, Chimborazo, Cotopaxi
29	1953	12 12	3,40	80,60	VIII	Loja, norte del Perú
30	1955	07 20	0,20	78,40	VIII	Pichincha, Imbabura
31	1958	01 19	1,22	79,37	VIII	Esmeraldas
32	1961	04 08	2,20	-78,90	VIII	Chimborazo
33	1964	05 19	0,84	80,29	VIII	Manabí
34	1970	12 10	-3,79	80,66	IX	Loja, El Oro, Azuay, norte del Perú
35	1987	03 06	0,87	-77,14	IX	Napo, Sucumbios, Imbabura
36	1995	10 02	-2,79	-77,97	VIII	Morona Santiago
37	1998	08 04	-0,55	-80,53	VIII	Provincia de Manabí

Nota: Adaptado de “Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador”, por Rivadeneira, et al., 2007, p. 30

Con la tabla mostrada anteriormente y la temática del presente trabajo de titulación podemos destacar los sismos que han tenido su epicentro (lugar donde ocurren los mayores daños) en la provincia de Manabí.

Sismo 03 de mayo del 1896

De acuerdo al IGEPN (2020) indicó que:

Destrucción parcial o casi total de construcciones en Bahía de Caráquez, Portoviejo y Canoa. En Portoviejo, Cerro de Hojas y Canoa, se abren grietas muy extensas y profundas; algunas alcanzaron hasta 2 m. de ancho. Se forman pequeños cráteres de 2m de profundidad, por los que emanó agua y arena (licuefacción). Múltiples deslizamientos en cerro y taludes. Levantamientos del terreno de entre 10 y 100 pies, formando mesetas de regular extensión. Dos sismos premonitores (sentido por pocas personas en Quito) y gran número de réplicas. 1 muerto y varios heridos. *Investigación realizada por José Egred A.*

Sismo 14 de mayo del 1942

De acuerdo al IGEPN (2020) indicó que:

Terremoto cuyos efectos se extendieron a la mayor parte de las provincias de la Costa y dos de la Sierra. Daños en Manabí, Guayas, Los Ríos, Esmeraldas, Bolívar e Imbabura. En otras provincias los efectos fueron de poca importancia. El sismo que tuvo su epicentro en la Costa fue sentido hasta la Región Oriental por el Este y en poblaciones fronterizas de Colombia, por el Norte. Destrucción de edificios y viviendas en la Costa. Cuarteamientos serios en paredes y cubiertas. Más de 200 muertos. Los heridos se contaron por centenares. Las pérdidas materiales fueron cuantiosas, en especial en Guayaquil. *Investigación realizada por José Egred A.*

Sismo 19 de mayo del 1964

De acuerdo al IGEPN (2020) indicó que:

Sismo fuerte con epicentro en Manabí, donde varias poblaciones resultaron muy afectadas. Los mayores daños se produjeron en Santa Ana y Andrés Vera. Sentido con fuerza en toda la región Costa. También fue fuerte en la parte norte y centro del valle Interandino. *Investigación realizada por José Egred A.*

Sismo 04 de agosto del 1998

De acuerdo al IGEPN (2020) indicó que:

Terremoto de severas consecuencias en la provincia de Manabí. Gran destrucción de edificios en Bahía de Caráquez. Daños graves en Canoa, San Vicente y otras localidades cercanas. En otras ciudades de Manabí los daños fueron de menor proporción. *Investigación realizada por José Egred A.*

Sismo 16 de abril del 2016

De acuerdo al IGEPN (2020) indicó que:

El 16 de abril de 2016 a las 18:58 ocurrió en las costas del Ecuador un sismo de magnitud 7.8 Mw. Este terremoto fue sentido en 23 provincias del Ecuador, así como en la parte sur de Colombia y norte de Perú. Las localidades más afectadas fueron las más cercanas a su epicentro, localizado frente a las costas de Pedernales, Provincia de Manabí. Los días posteriores al sismo se caracterizaron por la frecuente ocurrencia de réplicas que cubrieron una amplia zona de ruptura frente a las costas de Manabí y Esmeraldas.

El desempeño o comportamiento de los edificios sismo-resistentes en el Ecuador ha sido diferenciado por los códigos y normas de la construcción para tres categorías de estructuras definidas como edificaciones esenciales, de ocupación especial y otras estructuras. En el caso de las estructuras de ocupación especial, entre ellas se consideran las escuelas y centros de educación que albergan más de 300 personas.

Según la norma (Nec-15), en dichas edificaciones se deben limitar los daños estructurales, buscando elevar el nivel de protección y propender a que dichas estructuras puedan mantenerse operacionales aún después de la ocurrencia del sismo de diseño, definido como el sismo con periodo de retorno de 475 años (tasa anual de excedencia de 0,00211) que las normas ecuatorianas denominan sismo raro.

No obstante, durante los sismos ocurridos después de la aparición del Código Ecuatoriano de la Construcción de 1977, se pudieron observar numerosos casos de edificios de escuelas y centros de educación, que sufrieron daños que los dejaron fuera de servicio, aun cuando las características de dichos sismos en los sitios de ubicación de esas edificaciones, correspondían a sismos frecuentes u ocasionales. En el caso del sismo del 16 de abril de 2016, existieron varios casos de ese tipo de edificios que quedaron fuera de servicio después del evento. Y, por el contrario, existen casos de edificaciones de ese tipo que continúan prestando servicios, aún después de sismos ocasionales o raros.

Es necesario estudiar las causas de ese comportamiento diverso de estas estructuras especiales durante sismos en el Ecuador, a fin de replantear las normas para el diseño y construcción sismo-resistente del país, con el objetivo de mitigar los daños severos ocurridos durante y después de los sismos.

1.2. Justificación

Luego del reciente evento sísmico que sucedió el 16 de abril del 2016 quedó como evidencia que todas las estructuras sufrieron grandes daños sin importar la categoría de dichas edificaciones. Para el presente trabajo de titulación se tendrá como prioridad analizar porque las estructuras de ocupación especial con énfasis en centros de estudio y escuelas sufrieron daño.

Un sismo puede causar afectaciones severas en edificaciones de todo tipo. Éstas pueden presentar daños en elementos estructurales y/o arquitectónicos como: mamposterías, revestimientos de vidrio, cubiertas, etc. Los cuales incluso pueden llegar a desprenderse y caer. Por lo tanto, se verifica rápidamente el nivel de operación de las estructuras luego del evento, se puede comprometer la integridad de los habitantes de las edificaciones afectadas que continúan en uso. Por esta razón, con el objeto de evitar daños mayores, se considera necesario que, inmediatamente después del sismo, se realice una evaluación rápida del nivel de riesgo de todas las edificaciones que han sufrido algún daño (MIDUVI, 2016, p. 153).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos General

- Definir si el desempeño de los edificios de escuelas y centros de educación; durante los sismos ocurridos en Ecuador a partir de 1977, cumplió o no con las especificaciones de los códigos o normas ecuatorianas para el diseño y construcción sismo-resistentes.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Definir las causas del buen o mal desempeño de esas edificaciones especiales durante los sismos en Ecuador.
- Proponer mejoras en las especificaciones de las normas ecuatorianas de diseño y construcción sismo-resistentes, para evitar las fallas en el desempeño de esas edificaciones especiales durante sismos frecuentes, ocasionales o raros.

1.4. Alcance

En este trabajo de titulación, el caso de estudio se enfocará en los edificios de ocupación especial de escuelas y centros de estudios con el fin de poder determinar si el desempeño sísmico o estructural correspondió a las especificaciones de los códigos

o normas ecuatorianas para el diseño y construcción sismo-resistentes. En ambos casos, tanto positivo como negativo. En el presente trabajo de titulación se detallará la explicación del desempeño a partir de la información que se va recopilando. Los centros de estudio de interés para este trabajo de titulación son: Colegio Nacional Eloy Alfaro, Unidad Educativa Linus Palling, Unidad Educativa Salesiana San Jos, Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús, Universidad Laica Eloy Alfaro, Unidad Educativa Cristo Rey, Colegio Nacional Cinco de Junio, Unidad Educativa Amazonas, Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo, Universidad San Gregorio de Portoviejo.

1.5. Metodología de investigación

En el presente trabajo de titulación la metodología a utilizar para su desarrollo es la recopilación de información de diversas fuentes como: periódicos locales, blogs, papers y sitios web que obtenga información sobre escuelas y centros educativos que registren daños después de algún evento sísmico. Se recopilará información existente sobre edificios de escuelas y centros educativos, que hayan sufrido daños durante los sismos ocurridos en el Ecuador a partir de 1977.

Se definirán los factores de irregularidad en planta y elevación, los factores de vulnerabilidad estructural y el Periodo de vibración fundamental de cada edificación, de acuerdo a las especificaciones de la misma norma. Se obtendrá información que permita definir el tipo de suelo existente en cada una de las edificaciones antes señaladas, de acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS (suelos tipo A, B, C, D, E o F). Se obtendrán los acelerogramas y los espectros de respuesta de los movimientos del suelo durante sismos, para las ubicaciones de las edificaciones en estudio.

Con la información antes recopilada, para cada caso de edificio en estudio se determinarán las siguientes características:

- Nivel de frecuencia y amenaza sísmica: Sismos frecuente, ocasional, raro o muy raro.
- Tipo de suelo de cimentación.
- Nivel de desempeño estructural: Servicio, daño o colapso.
- Factor de reducción efectivo de la respuesta elástica: Relación entre el espectro de respuesta de norma definido para 475 años de Periodo de retorno y el espectro de respuesta del movimiento sísmico real que causó daños a la edificación.

- Nivel de deriva elástica o inelástica: Obtenida a partir del espectro de desplazamiento elástico del sismo real.

Finalmente, en cada caso, se determinará si el desempeño o comportamiento estructural correspondió a lo definido por las normas o no. En ambos casos (positivo o negativo), se proveerá una explicación del desempeño a partir de la información recopilada.

CAPÍTULO II

2. Recopilación y selección de información

En el presente capítulo se expone la recopilación de fuentes utilizadas que sirvieron de sustento dentro del proceso de selección de las escuelas y centros educativos que se analizarán en el presente trabajo de titulación.

2.1. Fuentes de información

2.1.1. Periódicos y páginas web

Los periódicos como El Universo, El Expreso, El Comercio, El Mercurio, El Diario, La Hora, fueron empleados para la recopilación de información sobre los daños, deterioros y perjuicios que sufrieron las estructuras categorizadas como de ocupación especial.



Figura 2. Periódico de página web

2.1.2. Papers

El presente trabajo de titulación emplea varios papers, uno de los más importantes es el dirigido por la Dra. Sissy Nikolaou, el Dr. Xavier Vera Grunauer y el Dr. Ramon Gilsanz en conjunto con la Asociación de Reconocimiento de Eventos Extremos Geotécnicos (GEER) y el Consejo de Tecnología Aplicada (ATC), dicho trabajo de investigación desempeña una amplia documentación sobre todo lo referente al 16 de abril del 2016, desde la historia sísmica hasta la preparación y respuesta comunitaria.

Además, se utilizó una guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015. Como también, una evaluación de estructuras existentes dirigido por el Dr.

Carlos Arturo Lema Navarrete y un reporte de la rehabilitación de un edificio elaborado por el Dr. Roberto Aguiar

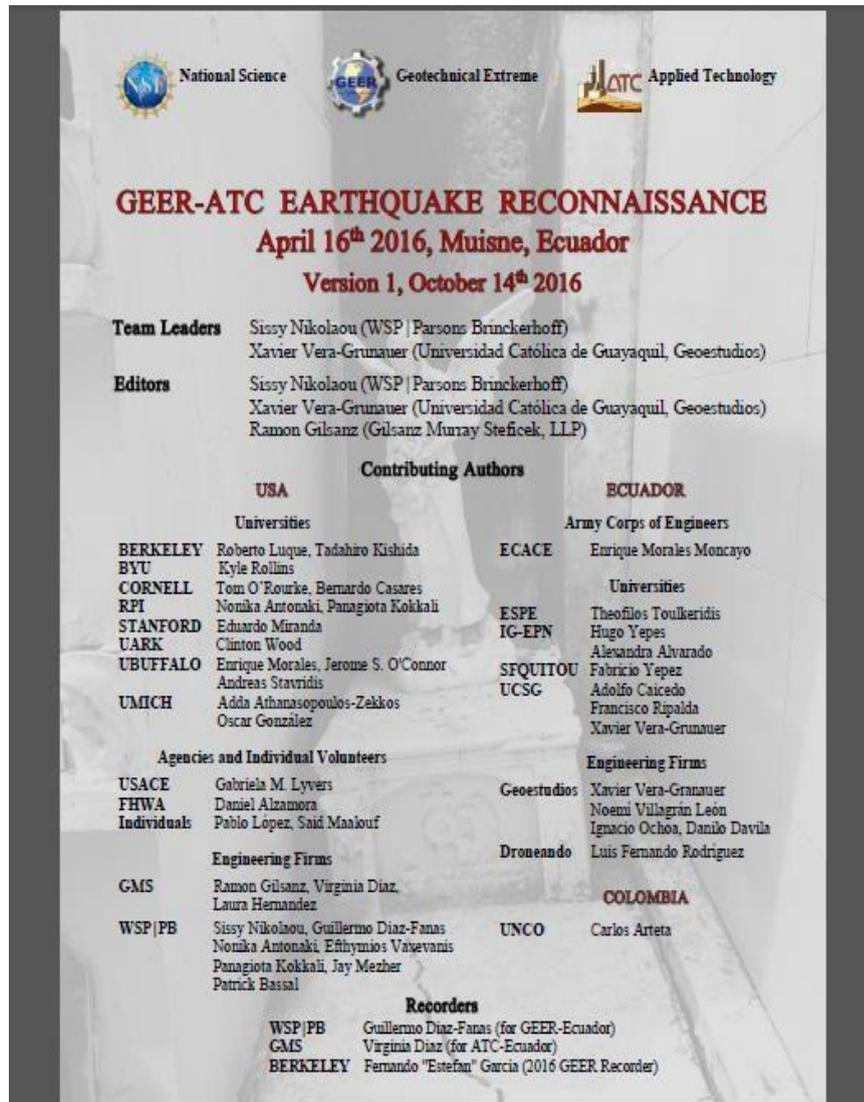


Figura 3. Paper dirigido por la Dra. Sissy Nikolaou, el Dr. Xavier Vera Grunauer y el Dr. Ramon Gilsanz en conjunto con la agrupación (GEER)

2.1.3. Repositorios

Trabajos realizados para titulación por Capelia Carchi Torres, Sheznarda Tapia Loor, Gema Elbert Chávez, Maria Chucuyán Pérez y Eddie Feijóo González, fueron utilizados para obtener mayor de información sobre lo ocurrido en Manabí el 16 de abril del 2016.

2.1.4. Fotografías

El registro fotográfico mostrado en el desarrollo del presente trabajo de titulación fue otorgado por el Ing. Alex Villacrés, que en su recorrido por las zonas afectadas en el sismo del 16 de abril del 2016 pudo capturar las fotografías de las escuelas y centros educativos ubicados en la provincia de Manabí.



Figura 4. Fotografía capturada por el Ing. Alex Villacrés el 30 de abril del 2017

CAPÍTULO III

3. Selección de los edificios de la provincia de Manabí

En el presente capítulo se detallarán los edificios seleccionados para el desarrollo de la investigación, describiendo sus características y los diferentes parámetros que se implementaron para clasificar y detallar el tipo de suelo según la NEC-15 correspondiente a las ciudades de Manta, Portoviejo, Bahía de Caráquez y Chone.

3.1. Estructuras de ocupación especial caso de estudio escuelas y centro educativos

En la presente tabla se mostrarán las escuelas y centros educativos de la provincia de Manabí que servirán para desarrollar el presente caso de estudio, por consiguiente, se utilizó la información recopilada anteriormente para poder registrar los centros educativos que sufrieron daños graves y leves en su estructura.

Tabla 3 *Escuelas y centros educativos seleccionados para el análisis del caso de estudio*

N	Edificios	Características	
1	Unidad Educativa Linus Palling	Provincia Ciudad	Manabí Manta
		Dirección	Calle 108, Manta 130203
2	Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús	Provincia Ciudad	Manabí Portoviejo
		Dirección	Córdova entre Espejo y Juan Montalvo
3	Unidad Educativa salesiana San José	Provincia Ciudad	Manabí Manta
		Dirección	Calle 108 avenida 108, Manta 130203
4	Universidad Laica Eloy Alfaro	Provincia Ciudad	Manabí Manta
		Dirección	Circunvalación vía san mateo, Manta
5	Colegio Nacional Eloy Alfaro	Provincia Ciudad	Manabí Bahía de Caráquez
		Dirección	Calle Aguilera y Peña, Bahía de Caráquez 131401
6	Unidad Educativa Cristo Rey	Provincia Ciudad	Manabí Portoviejo
		Dirección	Calle Cristo Rey entre Sucre y Baquerizo Moreno
7	Colegio Nacional Cinco de Junio	Provincia Ciudad	Manabí Manta
		Dirección	Avenida de la Cultura (161,75 km) 593 Manta
8	Unidad Educativa Amazonas	Provincia Ciudad	Manabí Chone

		Dirección	Avenida Amazonas (161,97 km) 130703 Chone
9	Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo	Provincia	Manabí
		Ciudad	Manta
10	Universidad San Gregorio De Porto Viejo	Dirección	Circunvalación vía San Mateo, Manta
		Provincia	Manabí
		Ciudad	Portoviejo
		Dirección	Av. metropolitana, Av. Olímpica, Portoviejo 130101

Nota: Autor

32 Descripción de los edificios del caso de estudio

3.2.1. Unidad Educativa Linus Palling

La Unidad Educativa Linus Palling se encuentra ubicada en la avenida Tarqui, Manta. Este centro educativo contaba con dos edificios, el primer edificio más antiguo que estaba construido por hormigón armado de 5 pisos el cual colapsó por completo en toda su estructura, mientras que el segundo edificio más reciente, pero con la misma altura, no obtuvo daños estructurales visibles exceptuando la zona de junta que tenía con el primer edificio. (GEER-ATC, 2016)



Figura 5. Unidad Educativa Linus Palling después del terremoto del 16 de abril 2016 obtenida del (GEER-ATC, 2016).



Figura 6. Unidad Educativa Linus Palling después del terremoto del 16 de abril 2016 obtenida del (GEER-ATC, 2016)



Figura 7. Fotografía del colapso de la Unidad Educativa Linus Palling obtenida del (GEER-ATC, 2016).



Figura 8. Fotografía de la Unidad Educativa Linus Palling actualmente tomada por Julio Vergara



Figura 9. Fotografía de la Unidad Educativa Linus Palling actualmente tomada por Julio Vergara

3.2.2. Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús

De acuerdo al sitio web El Diario (2016) “indicó que, según el informe de ingenieros, un tramo del colegio quedó un poco afectado en dos columnas, pero otro tramo, donde está la mayoría de aulas, está estructuralmente bien, sólo son daños en mampostería”.



Figura 10. Fotografía de la Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús, tomada del sitio web el Diario (2016)



Figura 11. Fotografía de la Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús, tomada del sitio web el Diario (2016)



Figura 12. Fotografía de la Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús actualmente tomada por Julio Vergara



Figura 13. Fotografía de la Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús actualmente tomada por Julio Vergara

3.2.3. Escuela "Unidad Educativa Salesiana San José"

La Unidad Educativa Salesiana San José, fundada en el año 1942, ubicada en la ciudad de Manta, es una institución educativa que inició siendo un colegio católico particular de varones. Después del evento sísmico del 16 de abril del 2016 el edificio experimentó daños graves en toda su estructura, existiendo grandes grietas en sus

elementos estructurales y colapsó en la mampostería. Los daños fueron tan significativos que se decidió con las autoridades del plantel demolerlo en su totalidad para construir un moderno plantel educativo el cual tendría el mismo nombre.



Figura 14. Fotografía capturada por el Ing. Alex Villacrés el 30 de abril del 2017



Figura 15. Fotografía capturada por el Ing. Alex Villacrés el 30 de abril del 2017



Figura 16. Fotografía actual de la Unidad Educativa Salesiana San José, tomada por Julio Vergara

3.2.4. Universidad Laica Eloy Alfaro

La Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí fundada en el año 1985, ubicada en la ciudad de Manta, sufrió daños durante el sismo del 16 de abril del 2016 en sus edificaciones como: biblioteca general, departamento de vinculación y de posgrado, los cuales tuvieron daños graves en su estructura a tal punto de que las autoridades decidieron demoler dichos edificios, por lo que después de varios días del evento sísmico se ordenó el desalojo de los bienes muebles que aún servían. La evaluación de los daños de la estructura fue gracias a la ayuda de los estudiantes de las Facultades de Ingeniería Civil y Arquitectura. (NTI, 2016)



Figura 17. Fotografía tomada de la página web del noticiero NTI



Figura 18. Fotografía del proceso de demolición de la Universidad Laica Eloy Alfaro



Figura 19. Fotografía de la actual Universidad Laica Eloy Alfaro, tomada por Julio Vergara



Figura 20. Fotografía del antiguo departamento de administración estudiantil



Figura 21. Fotografía de elementos estructurales que colapsaron en el terremoto del 16 de abril del 2016

3.2.5. Colegio Nacional Eloy Alfaro

La Unidad Educativa Fiscal Eloy Alfaro fundada en el año 1887, está ubicada en la ciudad de Bahía de Caráquez. Fue uno de los centros educativos afectados por el evento sísmico del 16 de abril del 2016. Según El Diario Comercio (2017) establece que:

Ha circulado en los medios caraquenes la intención de destruir las edificaciones que albergan lo que es hoy la Unidad Educativa Eloy Alfaro y trasladar su funcionamiento a una nueva construcción, a llevarse a cabo muy afuera de Bahía de Caráquez, en el sector del km 6 de la vía a Chone.



Figura 22. Fotografía de la Unidad Educativa fiscal Eloy Alfaro tomada por el Ing. Alex Villacrés el 30 de abril del 2017



Figura 23. Fotografía de la Unidad Educativa fiscal Eloy Alfaro tomada por el Ing. Alex Villacrés el 30 de abril del 2017

3.2.6. Unidad Educativa Cristo Rey

La Unidad educativa Cristo Rey fundada en el año 1930 está ubicada en la calle Cristo Rey en la ciudad de Portoviejo. Fue uno de los pocos centros educativos que solo obtuvo daños leves en su estructura tales como grietas en la mampostería y desprendimiento de luminarias.



Figura 24. Fotografía de la Unidad Educativa Cristo Rey captada por el documento GEER-ATC



Figura 25. Fotografía de la actual Unidad Educativa Cristo Rey

3.2.7. Colegio Nacional cinco de junio

El Colegio Nacional Cinco de Junio fundado en el año 1951, está ubicado en la ciudad de Manta. Fue uno de los pocos centros educativos que solo obtuvo daños leves después del evento sísmico. Según El Telégrafo (2017) indico que:

La estructura provisional del Colegio Cinco de Junio, en Manta, no sufrió afectaciones en el último sismo. Durante el fin de semana, personal del Ministerio de Educación y especialistas en estructuras realizaron la inspección técnica en los planteles de Manabí y determinaron que 21 unidades educativas de infraestructura antigua resultaron con daños menores de mampostería, los que serán reparados en los próximos días del presente año.



Figura 26. Fotografía del actual Colegio Nacional cinco de junio

3.2.8. Colegio Nacional Mixto Amazonas

Debido a que no se encontró información referente al Colegio Nacional Mixto Amazonas de la ciudad de Chone, se procedió a visitar esta institución para poder analizar el estado actual de la edificación y además entrevistar al personal que trabaja o moradores que habiten cerca de esta institución. Durante la visita a esta institución se pudo conversar con el personal que trabaja en este colegio, de manera que se entrevistó al trabajador sobre lo sucedido con esta estructura después el sismo del 16 de abril 2016. Después de realizarle las preguntas respondió que el colegio sufrió daños en las paredes que conformaban los cursos, sin embargo, luego de 3 meses se hicieron las debidas reparaciones.



Figura 27. Fotografía del actual Colegio Nacional Mixto Amazonas

3.2.9. Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo

Debido a que no se encontró información referente a la Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo en la ciudad de Manta, se procedió a visitar esta institución para poder analizar el estado actual de la edificación y además entrevistar al personal que trabaja o moradores que habiten cerca de esta institución. Durante la visita no se pudo localizar los trabajadores de la unidad educativa, pero se pudo entrevistar a un habitante que vive al frente de la edificación, quien, nos comentó que la unidad educativa sufrió daños en su mampostería debido a que colapsaron las paredes laterales.



Figura 28. Fotografía de la Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo



Figura 29. Fotografía de la actual Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo

3.2.10. Universidad San Gregorio De Portoviejo

Por la falta de información del comportamiento de la estructura después del sismo del 16 de abril del 2016, se procedió a visitar la Universidad San Gregorio de Portoviejo para analizar el estado actual de la edificación. Además se entrevistó el personal que labora en dicha institución para saber si la edificación sufrió daños graves o leve sin embargo en la entrevista el personal comentó que esta institución no sufrió daño después del sismo.



Figura 30. Fotografía de la Universidad San Gregorio de Portoviejo



Figura 31. Fotografía de las áreas libre de la Universidad San Gregorio de Portoviejo



Figura 32. Fotografía de las instalaciones actualmente de la Universidad San Gregorio de Portoviejo

CAPITULO IV

4. Metodología

En el presente capítulo se desarrollarán los espectros de respuestas mediante las curvas de peligro sísmico correspondientes a las ciudades donde se encuentran ubicados los edificios en estudio. Con la información recopilada en los anteriores capítulos se determinará el nivel de frecuencia y amenaza sísmica de manera que se utilizara la NEC-15 para clasificar si los sismos son: frecuentes, ocasionales, raros y muy raros, con el fin de elaborar los espectros de aceleración y desplazamiento del sitio obtenidos a partir de los registros de la red de acelerogramas que existe en Ecuador. A partir de esta información podemos definir si el sismo que afecto la estructura fue un sismo frecuente, ocasional, raro y muy raro, con el objetivo de analizar si la estructura cumplió con lo establecido por la norma ecuatoriana de la construcción

4.1. Consideraciones bajo la Norma Ecuatoriana de la Construcción

4.1.1. Curvas de peligro sísmico

Para el diseño de las estructuras de ocupación especial es indispensable utilizar los distintos niveles de peligro sísmico con el propósito de determinar si la estructura cumple con los distintos niveles de desempeño, de acuerdo a los establecido en la NEC-15. La importancia de las curvas de peligro sísmico se debe a la determinación del valor PGA.

4.1.2. Niveles de Amenaza sísmica

La evaluación del desempeño se lo realiza a través de los niveles de amenaza sísmica que se clasifican dependiendo de los distintos niveles de peligro y el periodo medio de retorno mostrados en la siguiente tabla

Tabla 4 *Niveles de amenazas sísmica*

Nivel sismo	de Sismo	Probabilidad de excedencia en 50 años	Periodo de retorno Tr (años)	Tasa anual de excedencia (1/Tr)
1	Frecuente (menor)	50%	72	0,01389
2	Ocasional (moderado)	20%	225	0,00444
3	Raro (severo)	10%	475	0,00211
4	Muy raro (extremo)	2%	2500	0,00040

Nota: Adaptado de "Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente", por NEC., 2015, p. 41

En la siguiente tabla se define el periodo de retorno como el inverso de la probabilidad anual de excedencia.

4.1.3. Gráfica de las curvas de peligro sísmico

Con la información obtenida del nivel de amenaza sísmica se comparará con la gráfica de las curvas de peligro sísmico:

Según la NEC (2015), indico que: “para definir los diferentes niveles de aceleración sísmica esperada en roca, se proporcionan las curvas de peligro sísmico probabilista para cada capital de provincia” (p.28).

Para los edificios especiales que se encuentran en otra ciudad que no es la capital se utilizará la curva de peligro sísmico de la misma provincia donde se encuentre. Para nuestro caso de estudio se utilizará la gráfica de Portoviejo capital de Manabí.

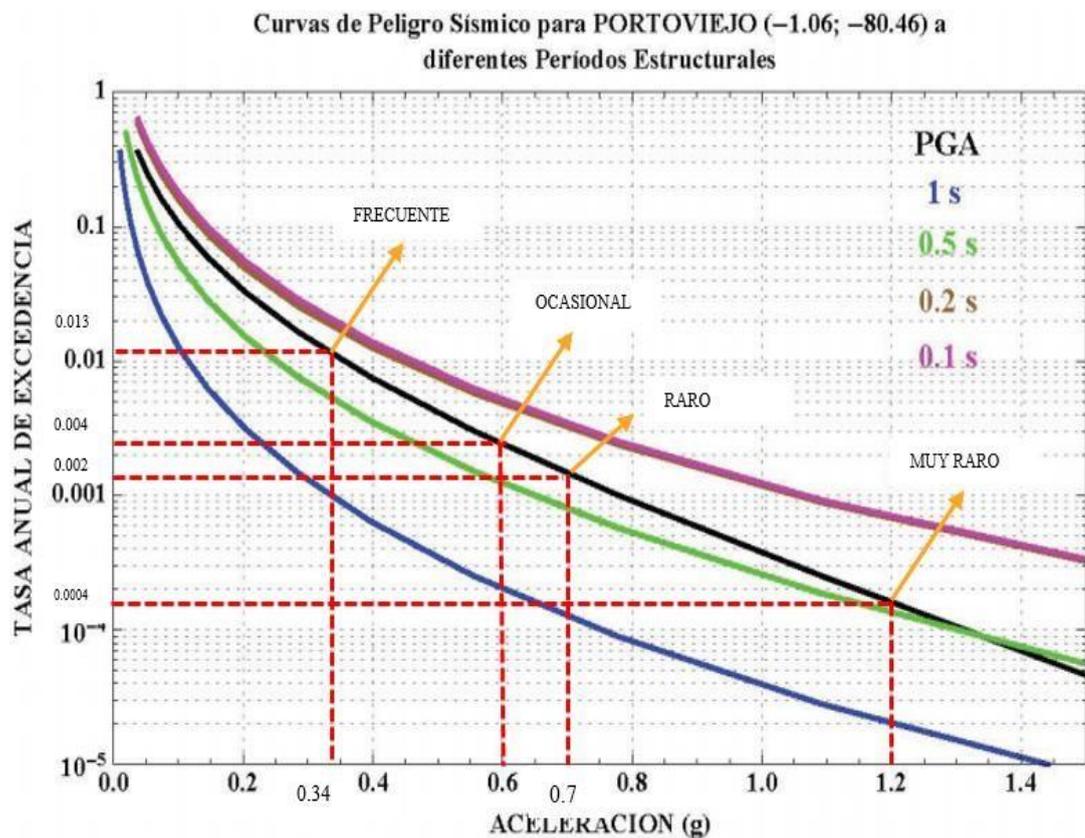


Figura 33. Curvas de Peligro sísmico Portoviejo

En la figura se puede relacionar los valores mostrados de tasa anual de excedencia con la curva de PGA de la ciudad de Portoviejo obteniendo así los valores de aceleración máxima esperadas en terreno durante un sismo frecuente, ocasional, raro y muy raro.

4.1.4. Zonificación sísmica y factor de zona Z

El valor del factor de zona (Z) se interpreta como la máxima aceleración en roca definida por el sismo de diseño y representada en fracción de la aceleración de la gravedad. De acuerdo a la NEC (2015) estableció que:

El mapa de zonificación sísmica para diseño proviene del resultado del estudio de peligro sísmico con una tasa de excedencia en 50 años (Periodo de retorno 475 años), que incluye una saturación a 0.50 g de los valores de aceleración sísmica en roca en el litoral ecuatoriano que caracteriza la zona VI. (p.27)

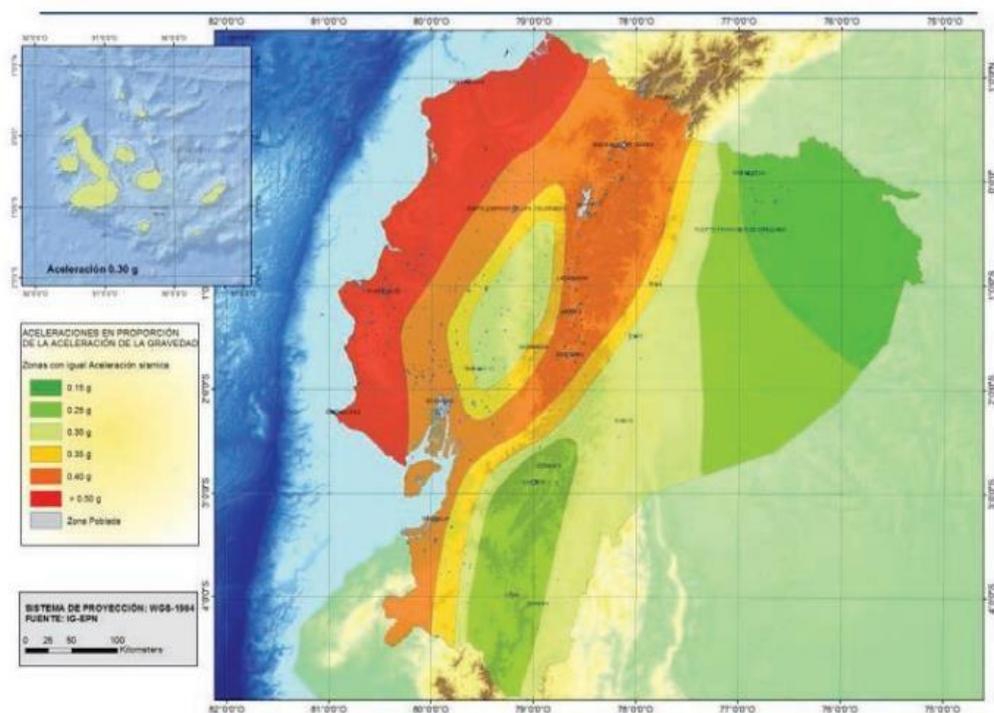


Figura 34. Mapa de Zonificación sísmica del Ecuador

Tabla 5 Valor del factor Z

Zona Sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor Factor Z	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	≥ 0,50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Nota: Adaptado de: “Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente”, por NEC., 2015, p.27

Para precisar los valores del factor Z se incluye la tabla de la población con el valor Z correspondiente a las ciudades de analizadas en el caso de estudio. Con el objetivo de verificar el valor del factor Z de la tabla con la imagen mostrada anteriormente obteniendo un valor mayor a 0.50 en casi toda la provincia de Manabí demostrando que existe un peligro sísmico muy alto.

Tabla 6 Valor del factor Z en la provincia de Manabí

POBLACION	PARROQUIA	CANTON	PROVINCIA	Z
Manta	Montecristi	Montecristi	Manabí	$\geq 0,50$
Portoviejo	Portoviejo	Portoviejo	Manabí	$\geq 0,50$
Bahía de Caráquez	Bahía de Caráquez	Sucre	Manabí	$\geq 0,50$
Chone	Chone	Chone	Manabí	$\geq 0,50$

Nota: Elaborado por el Autor

4.1.5. Caracterización del tipo de suelo de las estructuras según NEC-15

En la Nec-15 se establecen parámetros que permiten clasificar el tipo de suelo en seis categorías que va desde la letra A hasta la F, teniendo en cuenta que el suelo tipo A es el más resistente y las siguientes letras son suelos de menor resistencia. En la siguiente tabla se mostrará el criterio por el cual se clasifico el tipo de suelo existente en la provincia de Manabí.

Tabla 7 Tipos de suelo según la NEC (2015)

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca con rigidez media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad o de la onda de corte	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360 \text{ m/s}$
D	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumpla con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50; Su \geq 100 \text{ KPa}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
E	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 150; 100 \text{ KPa} > Su \geq 50 \text{ KPa}$
	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante	$V_s < 180 \text{ m/s}$

Perfil que contiene un espesor H mayor de 3 m de arcillas blandas $IP > 20; w \geq 40\%; Su < 50 \text{ KPa}$

Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio

F1-Suelos susceptibles a la falla o colapsó causado por la excitación sísmica

F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas)

F F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad $IP > 75$)

F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m)

F5—Suelos con contrastes de impedancia a ocurriendo dentro de los primeros 30 m

F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.

Nota: Adaptado de “Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente”, por NEC., 2015, pp. 29-30

4.1.6. Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs.

- **Fa: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto**

De acuerdo a la NEC (2015) indicó:

En la siguiente tabla se presentan los valores del coeficiente Fa que amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio. (p.31)

Tabla 8 *Coeficiente Fa que depende el tipo de suelo*

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z						
	I	II	III	IV	V	VI	
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	0.50	
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	
B	1	1	1	1	1	1	
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18	
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12	
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85	

Nota: Adaptado de “Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente”, por NEC., 2015, p. 31

- **Fd: Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamiento para diseño en roca**

De acuerdo a la NEC (2015) indico que:

En la siguiente tabla se presentan los valores del coeficiente Fd que amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio. (p.31)

Tabla 9 Coeficiente F_d que depende del tipo de suelo

Tipo do perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	0.50
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5

Nota: Adaptado de “Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente”, por NEC., 2015, p. 31

• **Fs: Comportamiento no lineal de los suelos**

De acuerdo a la NEC (2015) indico que:

En la siguiente tabla se presentan los valores del coeficiente F_s , que consideran el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del Periodo del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos. (p.32)

Tabla 10 Factor F_s que depende del tipo de suelo

Tipo do perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	0.50
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	1.26	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2

Nota: Adaptado de “Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente”, por NEC., 2015, p. 32

4.1.7. Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones

Según la NEC (2015) definió que el espectro de diseño puede ser elaborado a través del espectro de respuestas que depende en gran medida a la caracterización geológica del suelo que se encuentra cimentada las estructuras ubicadas en la provincia de Manabí. Los espectros que se realizaran son de tipo elástico con una fracción de amortiguamiento del 5%, utilizado con fines de diseño para representar los efectos dinámicos del sismo de diseño.

Para elaborar el espectro elástico de diseño es importante determinar los coeficientes F_a , F_s y F_d que se mencionaron anteriormente de forma que se pueda utilizar las ecuaciones que formaran la gráfica del espectro de diseño. Para facilitar la

gráfica del espectro, la NEC-15 describe los parámetros que se utilizan en cada tramo de la gráfica.

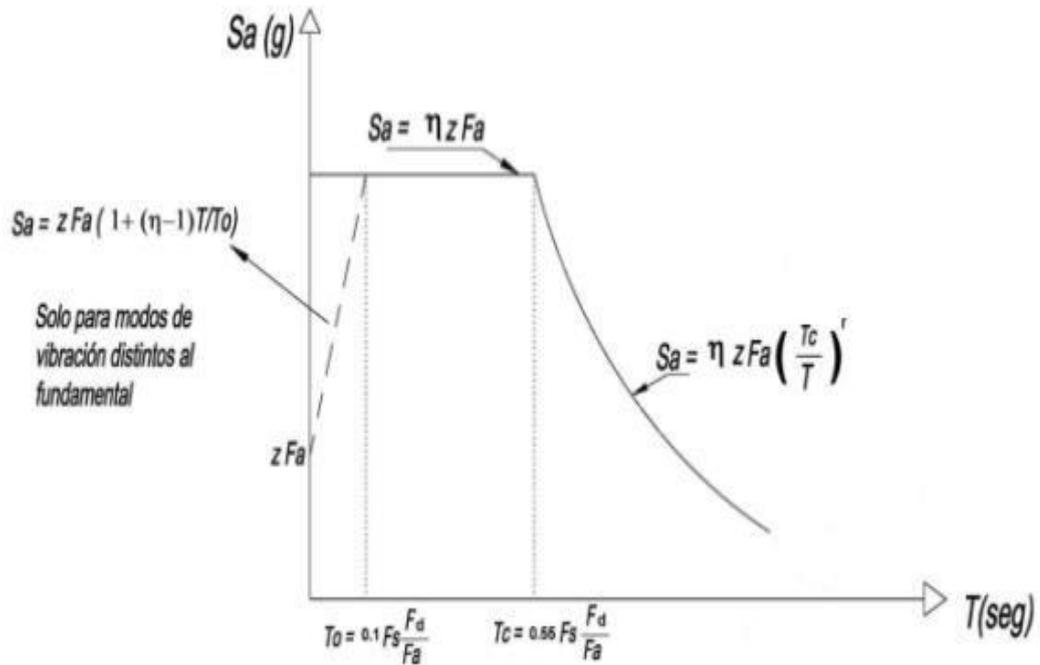


Figura 35. Nota: Adaptado de: "Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente ", por NEC., 2015, Componente del espectro elástico del diseño, p.33

Los parámetros que se utilizan para elaborar la gráfica del espectro de diseño se detallan a continuación, de acuerdo a la NEC (2015) estableció:

- η : Razón entre la aceleración espectral S_a ($T=0.1$ s) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado.
 - $\eta = 1.80$ Para provincias de la Costa (excepto Esmeraldas).
 - $\eta = 2.48$ Para provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos.
 - $\eta = 2.60$ Para provincias del Oriente
- r : Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto.
 - $r = 1$ para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E
 - $r = 1.5$ para suelo tipo E
- T : Periodo fundamental de la estructura.
- S_a : Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de aceleración de la gravedad (g). Depende del periodo de la estructura.
- T_0 : Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

- T_c : Periodo 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)

Después de describir los parámetros que se utilizarán es imprescindible conocer las ecuaciones que darán forma a cada tramo del espectro de diseño. Dichas ecuaciones se mostrarán a continuación:

- **Ecuación para S_a cuando $T = 0$**

$$S_a = z * F_a$$

- **Ecuación para S_a cuando $0 \leq T \leq T_0$**

$$S_a = z * F_a * \left(1 + (n - 1) * \left(\frac{T}{T_0} \right) \right)$$

- **Ecuación para S_a cuando $T_0 \leq T \leq T_c$**

$$S_a = n * z * F_a$$

- **Ecuación para S_a cuando $T > T_c$**

$$S_a = n * z * F_a * \left(\frac{T_c}{T} \right)^r$$

- **Ecuación para calcular T_0**

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

- **Ecuación para calcular T_c**

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

4.1.8. Espectro elástico de diseño en desplazamiento

El espectro elástico de diseño en desplazamiento correspondiente al desempeño del sismo de diseño está basado a partir del espectro de aceleración.

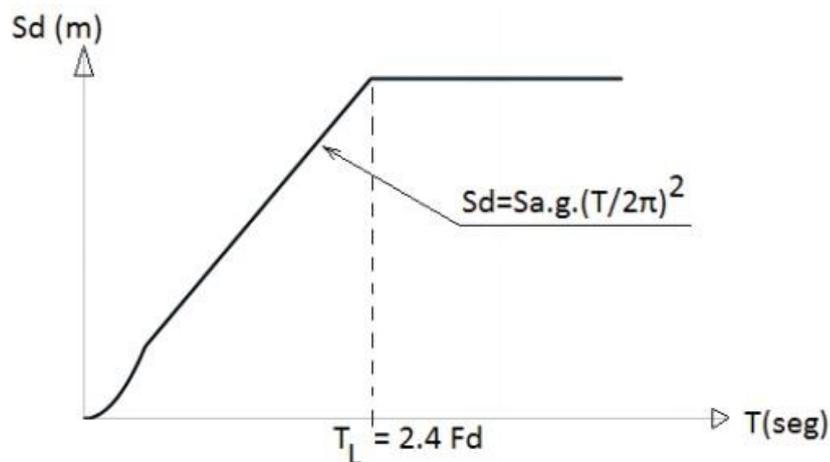


Figura 36. Nota: Adaptado de: "Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente", por NEC., 2015, Componente del espectro elástico del diseño en desplazamiento, p.36

Para elaborar dicho espectro la Nec-15 establece parámetros que determinara los valores en cada tramo, estos parámetros se describirán de acuerdo a la NEC (2015) indicó:

- **g:** Aceleración de la gravedad
- **Sd:** Es el espectro elástico de diseño de desplazamientos (definido para una fracción del amortiguamiento respecto al crítico igual a 5%). Depende del periodo o modo de vibración de la estructura
- **Fd:** Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
- **To:** Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.
- **Tc:** Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.
- **Tl:** Es el periodo límite de vibración utilizado para la definición de espectro de respuesta en desplazamientos

Después de describir los parámetros que se utilizaran es importante conocer las ecuaciones que darán forma a cada tramo del espectro de diseño en desplazamiento. Estas ecuaciones se mostrarán a continuación:

- **Ecuación para Sa cuando $0 \leq T \leq Tl$**

$$Sd = Sa(g) * \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2$$

- **Ecuación para Sa cuando $T > Tl$**

$$Sd = Sa(g) * \left(\frac{Tl}{2\pi}\right)^2$$

4.1.9. Determinación del periodo de vibración de la estructura T

El periodo fundamental de vibración de la estructura se define como el tiempo que transcurre entre el sistema vibratorio regrese a su posición inicial luego de haber concluido un ciclo de oscilación. Para el cálculo del periodo de vibración de la estructura se establece los siguientes parámetros, de acuerdo a la NEC (2015):

- **Ct:** Coeficiente que depende del tipo de edificio
- **Hn:** Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.
- **T:** Periodo de vibración

Tabla 11 *Coefficientes para determinar el periodo de vibración de la estructura*

Tipo de estructuras	C_t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramiento	0,072	0,8
Con arriostramiento	0,073	0,75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0,055	0,9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0,055	0,75

Nota: Adaptado de “Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente – parte 2”, por NEC., 2015, p. 62

- **Ecuación para calcular el periodo de vibración T**

$$T = C_t * h_n^\alpha$$

4.1.10. Factor de reducción de resistencia sísmica R

El factor de reducción de resistencia sísmica R es la reducción de las fuerzas sísmica de diseño por lo que los edificios y las conexiones se deben diseñar para poder tolerar mecanismos de fallas y una correcta ductilidad en sus elementos previstos en el análisis del edificio de forma que los daños se encuentren en secciones detalladas para que funcionen como rotulas plásticas.

El factor de reducción de resistencia R varía según las características de la estructura, tales como:

- Tipo de estructura.
- Tipo de suelo.
- Periodo de vibración considerado.
- Factores de ductilidad, sobre resistencia, redundancia y amortiguamiento de una estructura en condiciones límite. (NEC, 2015, p. 64)

Tabla 12 *Factor de reducción de resistencia según Nec-15*

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	7
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente.	8

Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente. 8

Otros sistemas estructurales para edificaciones

Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado. 5

Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda. 5

Nota: Adaptado de “Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente – Parte 2”, Por NEC., 2015, P. 65

4.1.11. Determinación del factor de reducción efectivo de resistencia sísmica

El factor de reducción efectivo de resistencia sísmica, se obtiene a partir de la relación entre el espectro de respuesta elástico de aceleraciones elaborado por la Nec-15 y el espectro de aceleración del sitio captado por el acelerograma durante el sismo. A continuación, se muestra la fórmula utilizada para calcular el factor R efectivo.

Ecuación para calcular el Factor R efectivo.

$$R_e = \frac{S_a (\text{espectro elástico de respuesta})}{S_a (\text{espectro de aceleración de sitio})}$$

4.1.12. Control de derivas inelástica máxima de piso ΔM

Según la Nec-15, es importante realizar un control de deformaciones que sufrirá las estructuras analizadas en el caso de estudio, por medio del cálculo de las derivas inelásticas máximas por piso.

En el chequeo de las derivas inelásticas máximas por piso se procederá a tomar el valor de respuesta del desplazamiento máximo inelástico (ΔM) de la edificación, estos datos son calculados de tal manera que se utilizó el sismo de diseño. Las derivas inelásticas máxima por piso son producto de fuerzas horizontales de diseño reducidas que pueden ser estáticas o dinámicas, en cada dirección en la que se aplica las fuerzas horizontales, se analizara por cada piso, como resultado de un análisis elástico del edificio bajo fuerzas horizontales de diseño.

A continuación, se muestra la fórmula utilizada para calcular las derivas inelásticas máxima por piso.

Ecuación para calcular la deriva inelástica máxima por piso.

$$\Delta M = 0.75 R \Delta E$$

- ΔM : Deriva máxima inelástica.
- R: Factor de reducción de resistencia.
- ΔE : Desplazamiento obtenido en aplicación de las fuerzas laterales de diseño reducidas.

Ecuación para calcular el desplazamiento debido a fuerzas de diseño reducidas.

$$\Delta_E = \frac{S_d}{h}$$

Para calcular el valor específico de S_d , es importante conocer el periodo de la estructura debido que se utilizara como punto de intercepción en el espectro de respuesta de desplazamiento de toda la estructura de forma que se obtiene el valor S_d en la abscisa y que representará el desplazamiento real del edificio. Por último, para calcular Δ_E se dividió el valor S_d para la altura de la edificación.

Para limitar el daño ocasionado en una estructura la Nec-15 limita los daños y deformaciones con la siguiente relación de las derivas:

$$\Delta M < \Delta M \text{ máxima}$$

- ΔM : Deriva de piso máxima horizontal inelástico

La deriva máxima por piso no deberá exceder los límites establecidos en la Nec-15, de forma que la deriva máxima estará expresada como porcentaje de la altura entre piso.

Tabla 13 *Límites para las derivas entre pisos*

Estructura de:	ΔM máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructura metálica y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Nota: Adaptado de “Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente”, por NEC., 2015, p. 40

4.1.13. Desempeño sísmico de estructuras de ocupación especiales

Para el presente caso de estudio se analizará el desempeño de estructuras de ocupación especial debido a que existen limitaciones en los daños estructurales durante y después del sismo, con el propósito de obtener una estructura operacional y que ofrezca protección después del evento sísmico.

Tabla 14 *Niveles de desempeño sísmico para estructuras de uso especial*

Nivel de desempeño estructural (prevención)	Estructuras de ocupación especial	Estructuras esenciales	Tasa anual de excedencia
Daño	No	Si	0,00211
Colapso	Si	Si	0,0004

Nota: Adaptado de “Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente”, por NEC., 2015, p. 42

4.2. Clasificación del tipo de suelo en las ciudades de Manabí

Para poder clasificar el tipo de suelo que se encuentra en las ciudades de la provincia de Manabí, fue necesario utilizar el mapa de caracterización de suelo por medio de ondas de corte, que se determinara a través de la ubicación de las estructuras que se analizaran. Después de identificar las ondas de corte se procederá a clasificar las estructuras por el tipo de suelo según la NEC-15, de manera que lo categoriza en suelo tipo A, B, C, D, E, y Tipo F, esta información es gracia al estudio realizado por la Escuela Superior Politécnica del Ejército, para las ciudades de Portoviejo, Manta, Bahía de Caráquez y Chone.

De acuerdo a Bonifaz y Haro (2018) indicaron que

Los grupos de mapas correspondientes a cada una de las ciudades, pendientes, geología y de caracterización de suelos mediante el parámetro Vs30. En cada uno de los mapas se podrá verificar la formación geológica aflorante con la que se puede tener una idea inicial del tipo de suelo o depósito predominante presente en el sitio y las pendientes proporcionan una correlación indirecta del grado de compacidad del mismo, así por ejemplo los depósitos de suelos con baja pendiente pueden ser depósitos de suelos finos, al incrementarse la pendiente los depósitos pueden tener mayor resistencia al corte, estas dos características de pendientes y geología permiten corroborar a nivel de grandes áreas los valores de ondas de corte mismas que por la extensión de las ciudades y su condición urbana siempre van a ser en un número limitado. (p. 7)

4.2.1. Estructuras de ocupación especial ubicadas en la ciudad de Manta

En la ciudad Manta existen las siguientes formaciones geológicas:

- Formación Tablazo: “Terrazas marinas con depósitos orgánicos del cuaternario” (Bonifaz & Haro, 2018, p.4).
- Formación Tosagua: “Son lutitas de color café a gris muy parecidas, monótonas, muy potentes de hasta 1.500 m, con intercalaciones subordinadas de areniscas tobáceas decimétricas y localmente nódulos calcáreos” (Bonifaz & Haro, 2018, p.4).
- Formación San Mateo: “Constituida primordialmente por areniscas finas a medias, depositadas en aguas poco profundas con sedimentación irregular, entrecruzada; la superficie presenta ripple-marks, y rastros de icnofósiles” (Bonifaz & Haro, 2018, p.4).

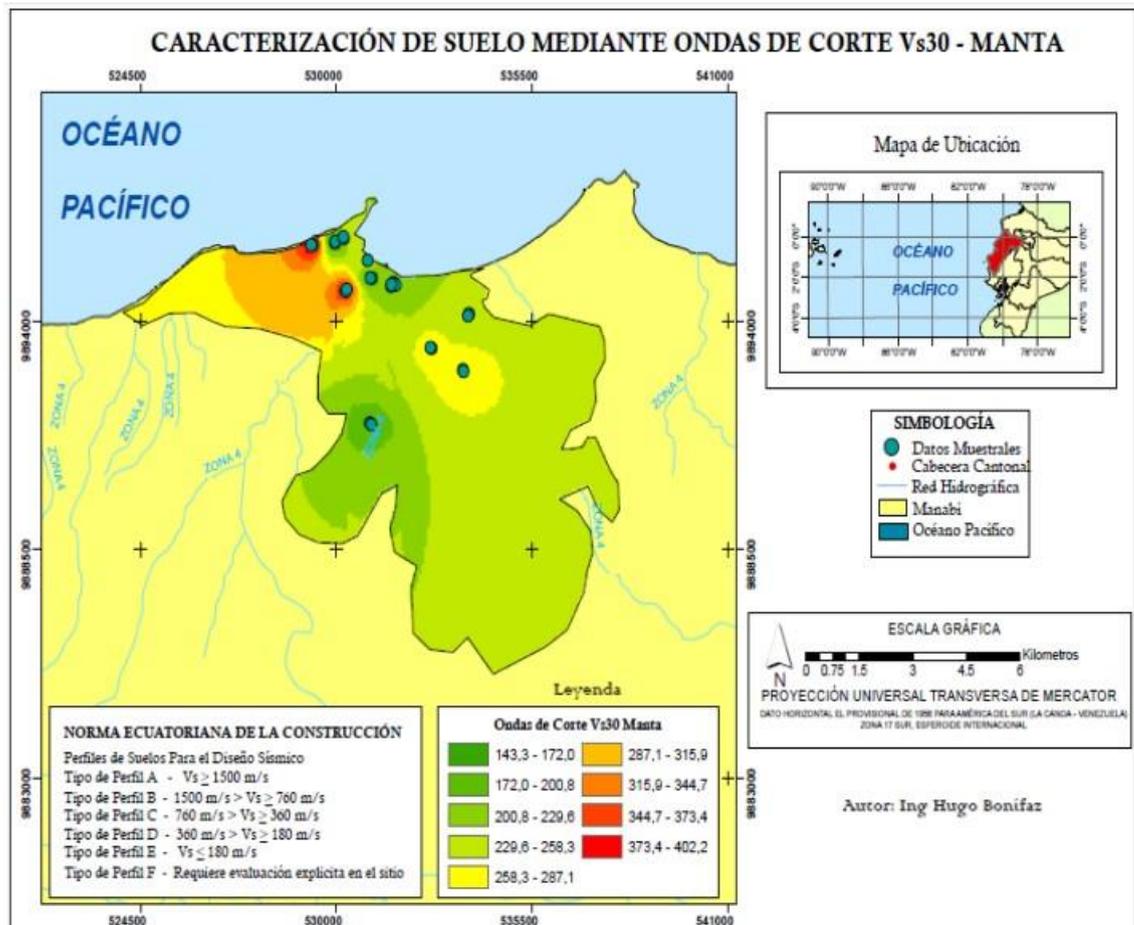


Figura 37. Caracterización geográfica del suelo de Manta

En la siguiente tabla se procederá a agrupar los centros educativos ubicados en Manta.

Tabla 15 *Determinación de las ondas de corte de los colegios ubicados en la ciudad de Manta*

Centro educativos	Onda de Corte Vs30
Unidad Educativa Linus Palling	360 m/s \geq Vs \geq 180 m/s
Unidad Educativa Salesiana San José	360 m/s \geq Vs \geq 180 m/s
Universidad Laica Eloy Alfaro	360 m/s \geq Vs \geq 180 m/s
Colegio Nacional cinco de Junio	360 m/s \geq Vs \geq 180 m/s
Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo	360 m/s \geq Vs \geq 180 m/s

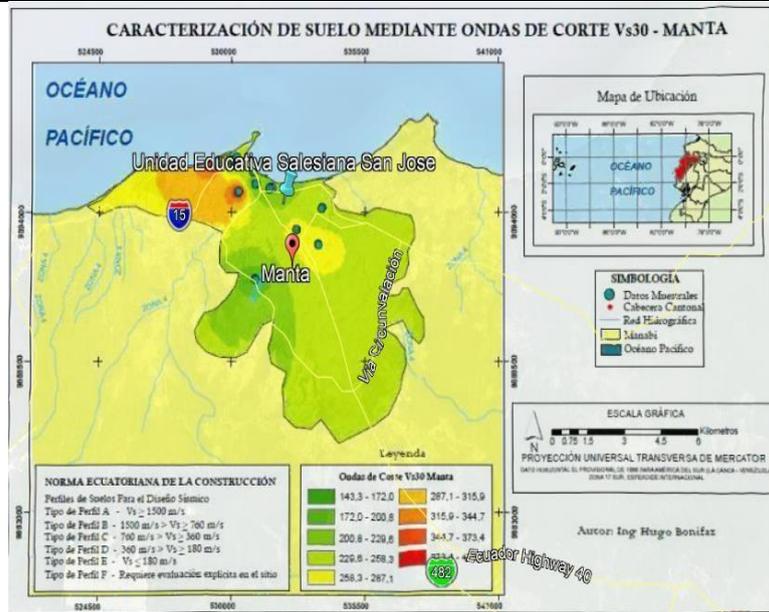
Nota: Elaborado por el autor

En la Tabla se muestra la ubicación georreferenciada de los centros educativos mediante el programa Google Earth para luego poder clasificar el tipo de suelo que existe en la estructura.

Tabla 16 *Determinación del tipo de suelo de las estructuras ubicadas en Manta*

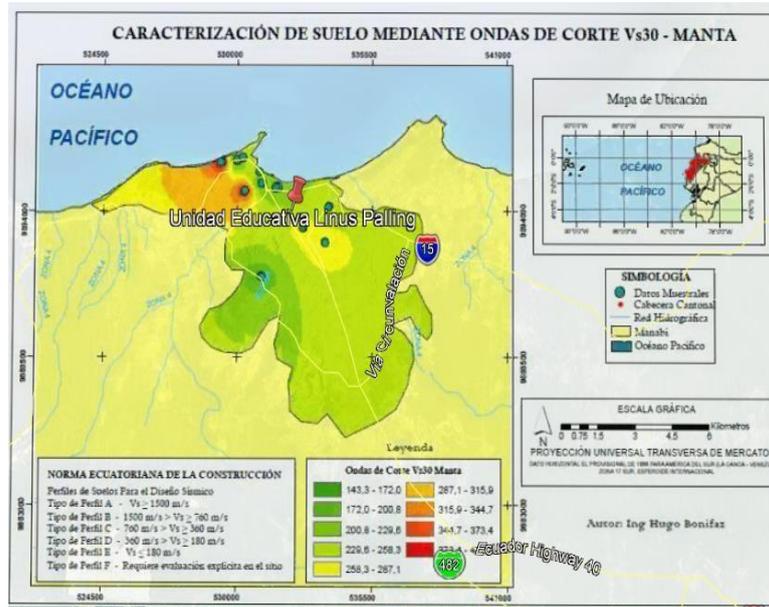
Centro educativo	Localización	Tipo de suelo
------------------	--------------	---------------

Unidad Educativa Salesiana San José



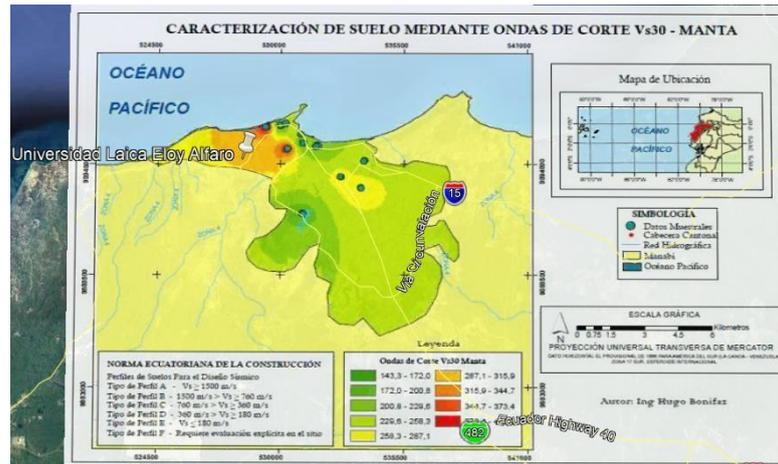
D

Unidad Educativa Linus Palling



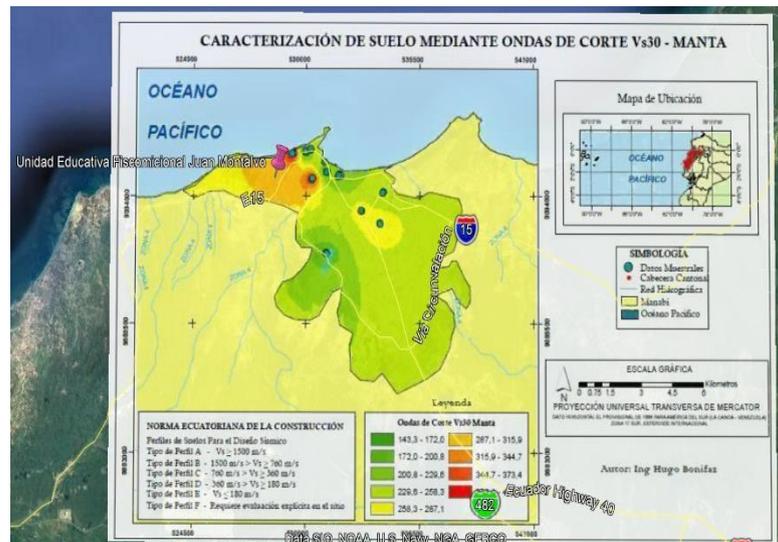
D

Universidad
Laica Eloy
Alfaro



D

Unidad
Educativa
Fiscomision
al Juan
Montalvo



D

Nota: Elaborada por el autor

4.2.2. Estructuras de ocupación especial ubicadas en la ciudad de Portoviejo

En la ciudad Portoviejo existen las siguientes formaciones geológicas:

- Formación Tosagua: “Comprende un ciclo de sedimentación que en esta ciudad consta de dos miembros, de abajo hacia arriba Dos Bocas y Villingota. Consiste de lutitas grises que se meteorizan con color chocolate y contienen una fauna nerítica bien preservada” (Bonifaz & Haro, 2018, p.4).

De acuerdo Bonifaz y Haro, (2018) explica que: “Cubriendo casi la mitad de la ciudad se delimitan terrazas planas cubiertas generalmente por depósitos de areniscas y conglomerados, Así también los depósitos más jóvenes son los considerados depósitos aluviales que se encuentran aflorando en las márgenes de los ríos” (p.4).

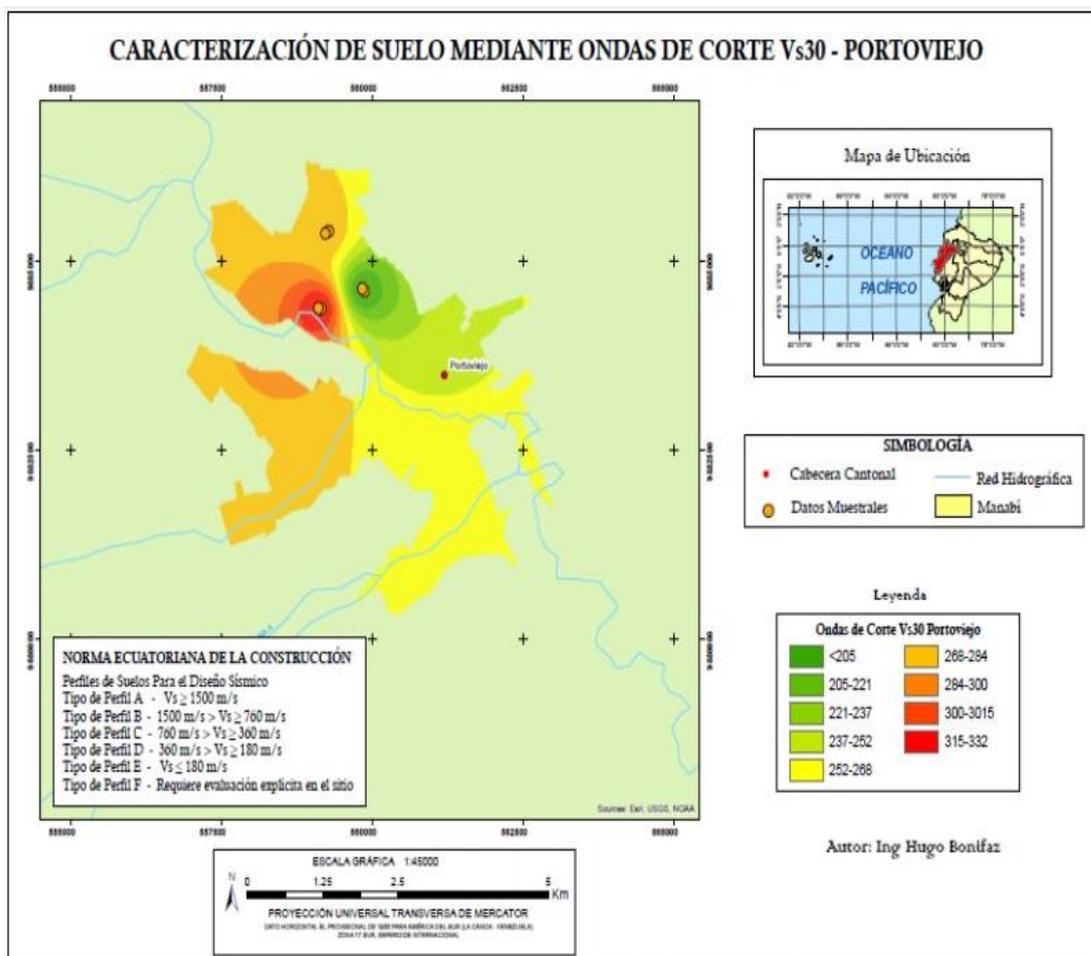


Figura 38. Caracterización geográfica del suelo de Chone

En la siguiente tabla se procederá a agrupar los centros educativos ubicados en Portoviejo.

Tabla 17 *Determinación de las ondas de corte de los colegios ubicados en la ciudad de Portoviejo*

Centro Educativos	Onda de corte Vs30
Unidad Educativa Santa Mariana De Jesús	360 m/s \geq Vs \geq 180 m/s
Colegio Cristo Rey	360 m/s \geq Vs \geq 180 m/s
Universidad San Gregorio De Porto Viejo	360 m/s \geq Vs \geq 180 m/s

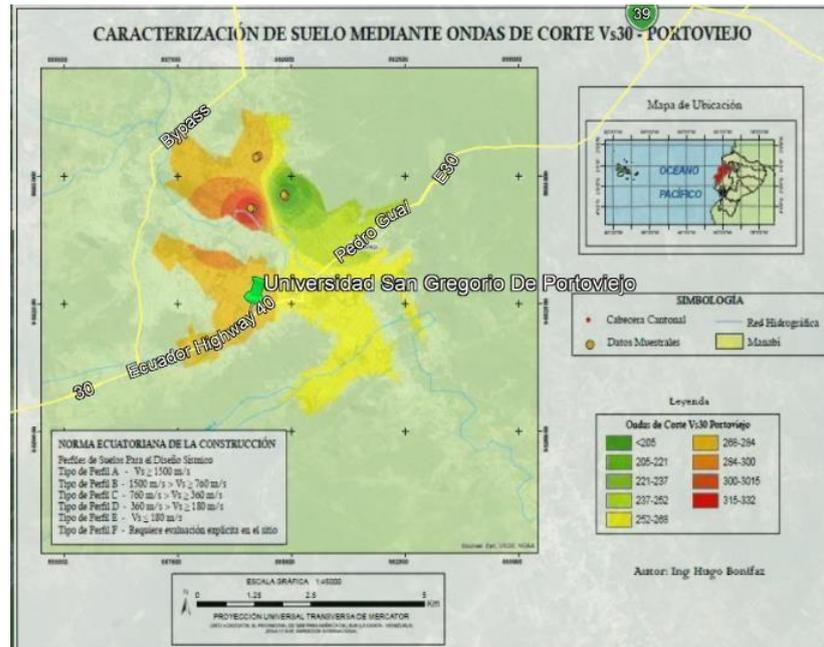
Nota: Elaborada por el autor

En la Tabla se muestra la ubicación georreferenciada de los centros educativos mediante el programa Google Earth para luego poder clasificar el tipo de suelo que existente en la estructura.

Tabla 18 Determinación del tipo de suelo de las estructuras ubicadas en Portoviejo

Centro educativo	Localización	Tipo de suelo
Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús		D
Unidad Educativa Cristo Rey		D

Universidad
San Gregorio
De
Portoviejo



Nota: Elaborado por el autor

4.2.3. Estructuras de ocupación especial ubicadas en la ciudad de Chone

En la ciudad de Chone existen las siguientes formaciones geológicas

De acuerdo a Bonifaz y Haro, (2018) establecieron que:

El rasgo característico más importante de la ciudad es el Río Chone, por lo tanto, la geología que domina a la ciudad son los depósitos aluviales jóvenes del mencionado río, de manera general estos se encuentran suprayaciendo a depósitos de arenisca, limo y arcilla que se los atribuye a la formación Onzole. (p.4)

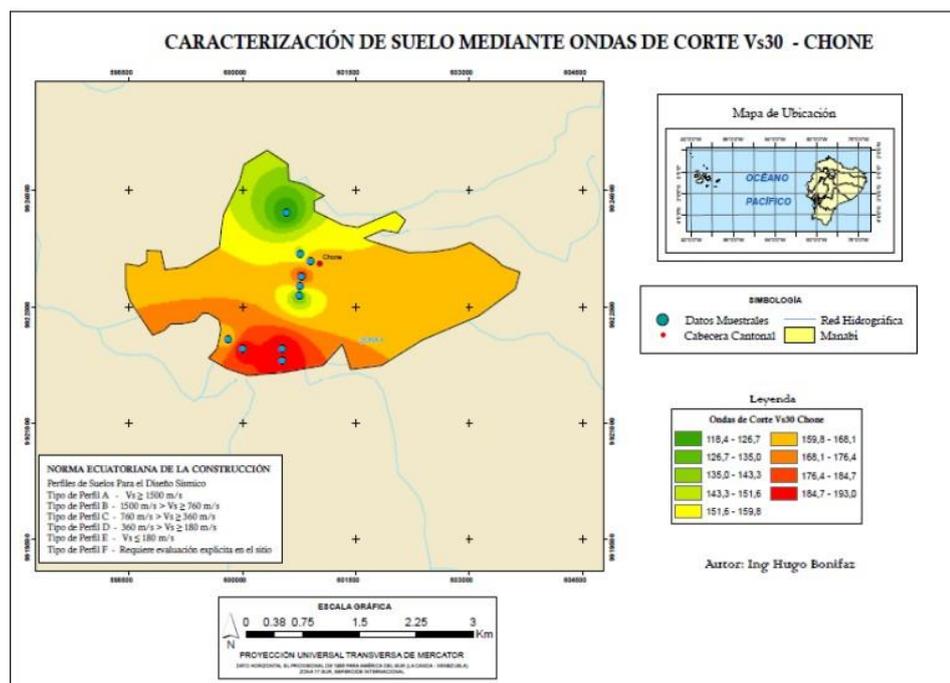


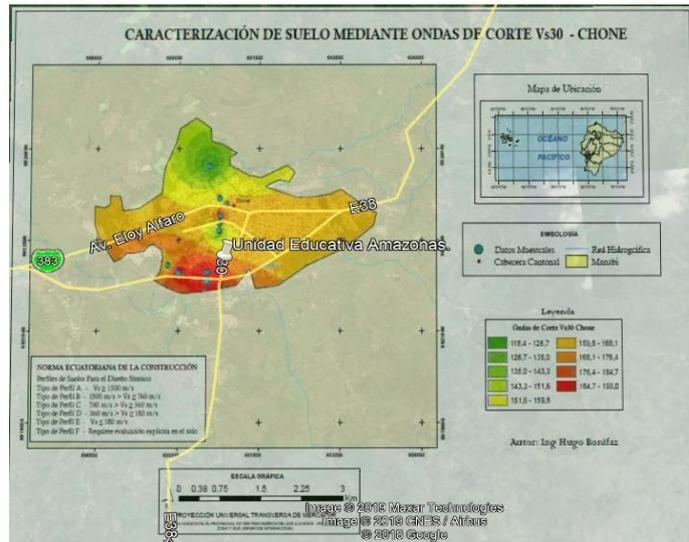
Figura 39. Caracterización geográfica del suelo de Chone

A continuación, en la tabla se clasificará el tipo de suelo en el que se encuentra cimentado la Unidad Educativa Amazonas.

Tabla 19 Determinación del tipo de suelo de las estructuras ubicadas en Chone

Centro educativo	Localización	Tipo de suelo
------------------	--------------	---------------

Unidad Educativa Amazonas



E

$V_s \leq 180$ m/s

Nota: Elaborado por el autor

4.2.4. Estructuras de ocupación especial ubicadas en la ciudad de Bahía de Caráquez

En la ciudad Manta existen las siguientes formaciones geológicas:

De acuerdo a Bonifaz y Haro (como se citó en Bristow, 1976) explicaron que:

En lo que respecta a esta ciudad, por su cercanía al mar se encuentra cubierta casi en su totalidad por la Formación Borbón, de edad Plioceno, está conformado en la base por un conglomerado que descansa discordantemente sobre las formaciones Onzole y Playa Grande. Sigue luego una arenisca de grano grueso en bancos compactos con abundantes megas fósiles en bolsones irregulares. Según los moluscos corresponde a una facies marina. (p.4)

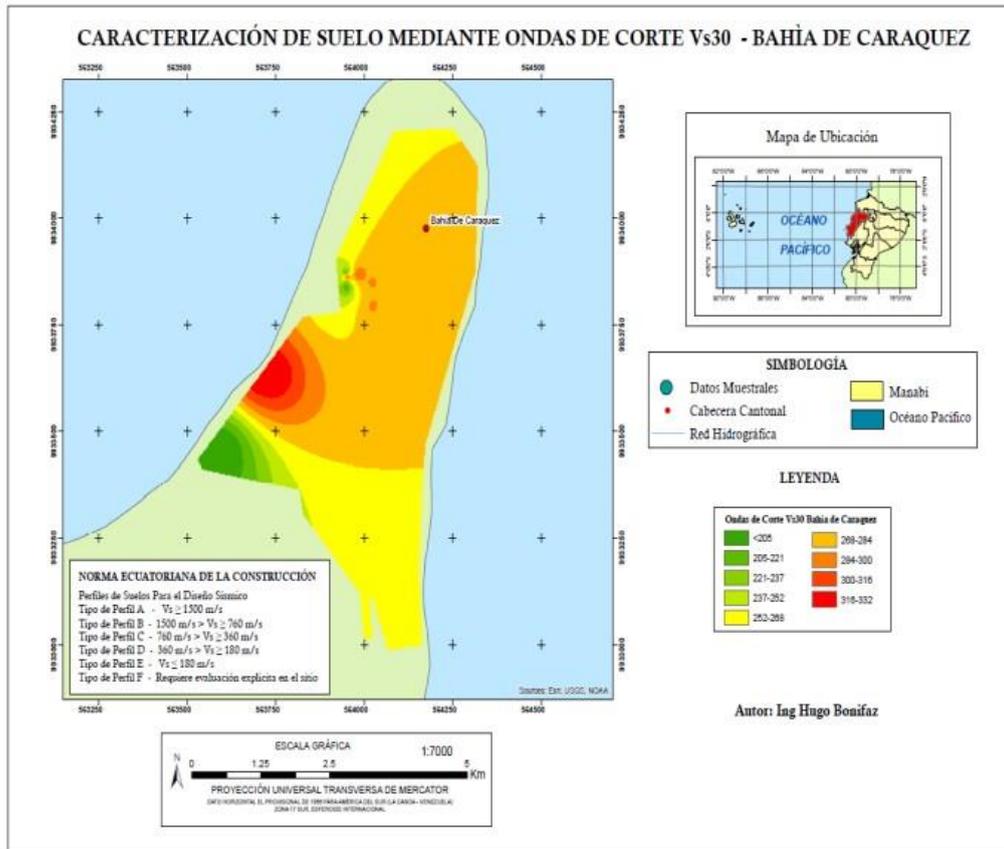


Figura 40. Caracterización geográfica del suelo de Bahía de Caraquez

A continuación, en la tabla se clasificará el tipo de suelo en el que se encuentra cimentado la Colegio Nacional Eloy Alfaro.

Tabla 20 Determinación del tipo de suelo de las estructuras ubicadas en Bahía de Caraquez

Centro educativo	Localización	Tipo de suelo
Colegio Nacional Eloy Alfaro		<p>D</p> <p>$360 \geq Vs \geq 180$</p>

Nota: Elaborado por el autor

4.3. Estaciones acelerográficas del Ecuador

De acuerdo al IGEPN (2020) indicó que:

Los acelerómetros o acelerógrafos permiten la obtención de un gráfico denominado (acelerograma), lo cual muestra la variación de aceleraciones en el lugar determinado. Este tipo de instrumentos permiten el registro máximo de los eventos sísmicos, posteriormente los datos obtenidos son procesados y analizados, determinando los valores de aceleración máxima y su escala de intensidad, con las características que ha sido sometida las estructuras durante un sismo o un terremoto destructivo. En el Ecuador se cuenta con una red acelerográfica permanente RENAC, permitiendo llevar a cabo el registro de las señales sísmicas de mayor impacto y destrucción. En el 2008 - 2012 nace el proyecto “Fortalecimiento del INSTITUTO GEOFÍSICO Ampliación y Modernización del Servicio Nacional de Sismología y Vulcanología” financiado por la SENESCYT, logrando cubrir todo el territorio nacional con equipos acelerográfico de alta calidad y tecnología de punta.



Figura 41. Fotografía tomada del IGM - Mapa de la red acelerográfica del Ecuador

4.3.1. Estaciones acelerográficas ubicada en la provincia de Manabí

En la siguiente tabla se presenta información detallada de las estaciones acelerográficas de las ciudades de Manabí que registraron el evento sísmico del 16 de abril del 2016, mostrando coordenadas geográficas, plano de ruptura más cercana valores de la onda de corte Vs30 y valores PGA estimados por la empresa Geoestudios en el 2016 durante la misión GEER-ATC

Tabla 21 *Características de los acelerogramas ubicados en la provincia de Manabí después del sismo*

Estación	Ciudad	Coordenadas Geográficas		Vs30 (m/s)	PGA(g)		
		Latitud	Longitud		EW	NS	VER
ACHN	Chone	0°41' 52.8" S	80° 5' 2.4"W	200	0.328	0.371	0.173
APO1	Portoviejo	1° 2' 16.8" S	80° 27' 36"W	224	0.317	0.381	0.105
AMNT	Manta	0° 56' 27.6" S	80° 44' 6"W	496	0.404	0.525	0.162
ACHN	Bahía de Caráquez	0°41' 52.8" S	80° 5' 2.4"W	200	0.328	0.371	0.173

Nota: Adaptado de GEER-ATC., 2016, p.126

En la tabla anterior debido a que la ciudad de Bahía de Caráquez no presenta un registro acelerográfico, se procedió a utilizar el registro de la ciudad más cercana que en este caso fue la ciudad de Chone por ello se utilizó la información del acelerograma ubicada en dicha ciudad.

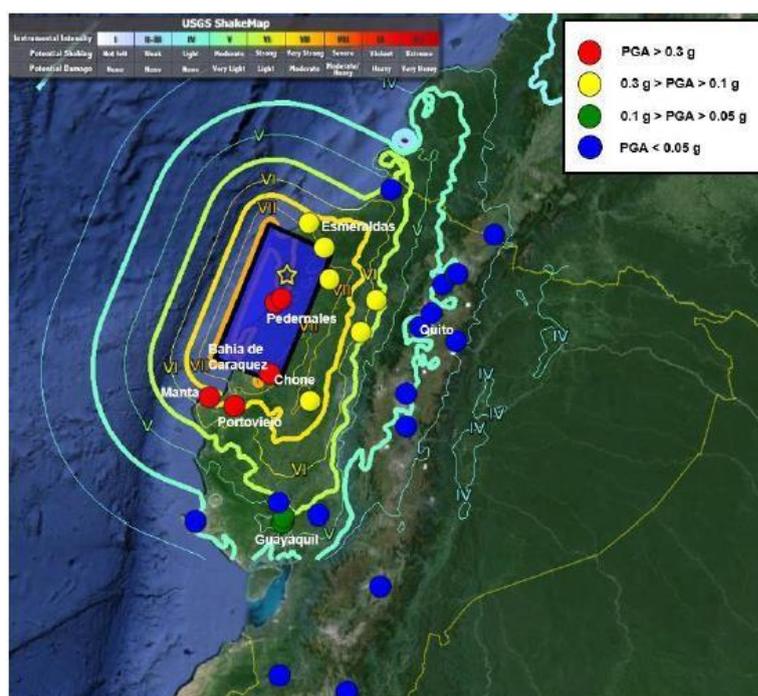


Figura 42. Fotografía tomada del GEER-ATC (2016) p.127

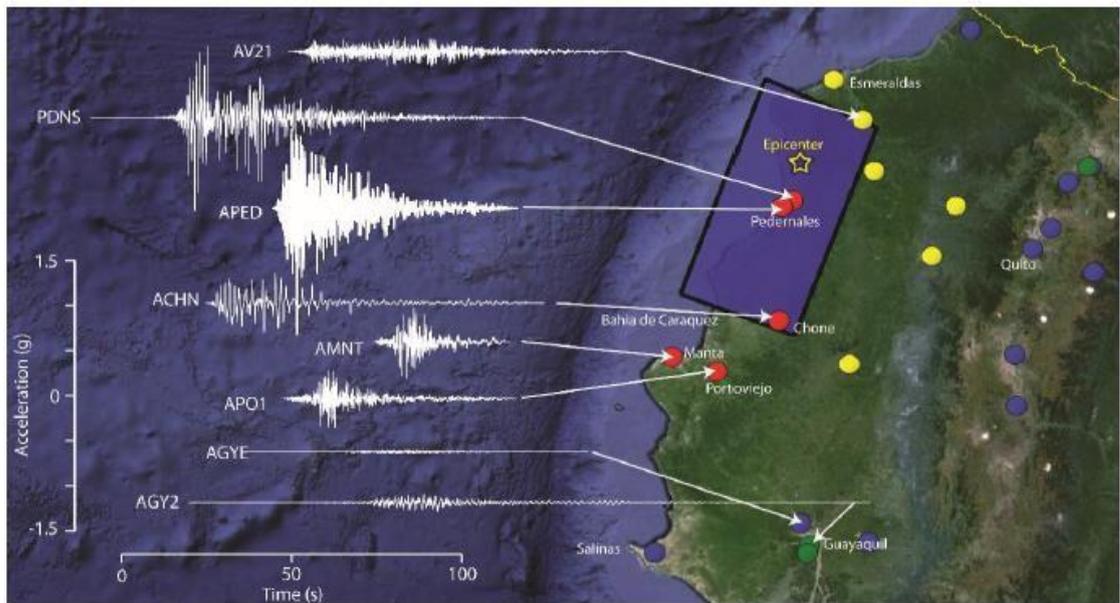


Figura 43. Fotografía tomada del GEER-ATC (2016) p.127

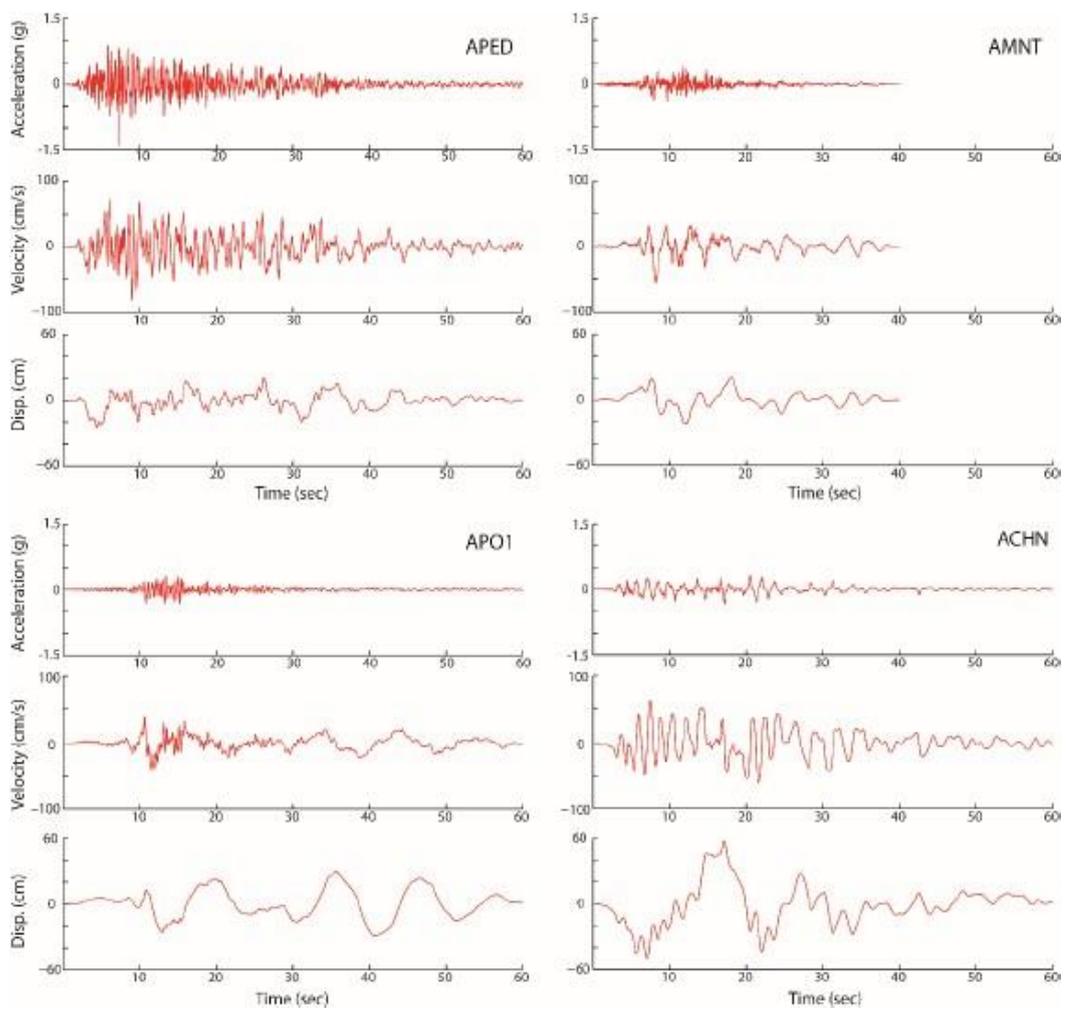


Figura 44. Fotografía tomada del GEER-ATC (2016) p.128

4.3.2. Registro del acelerograma captado por la estación ACHN ubicada en la ciudad de Chone

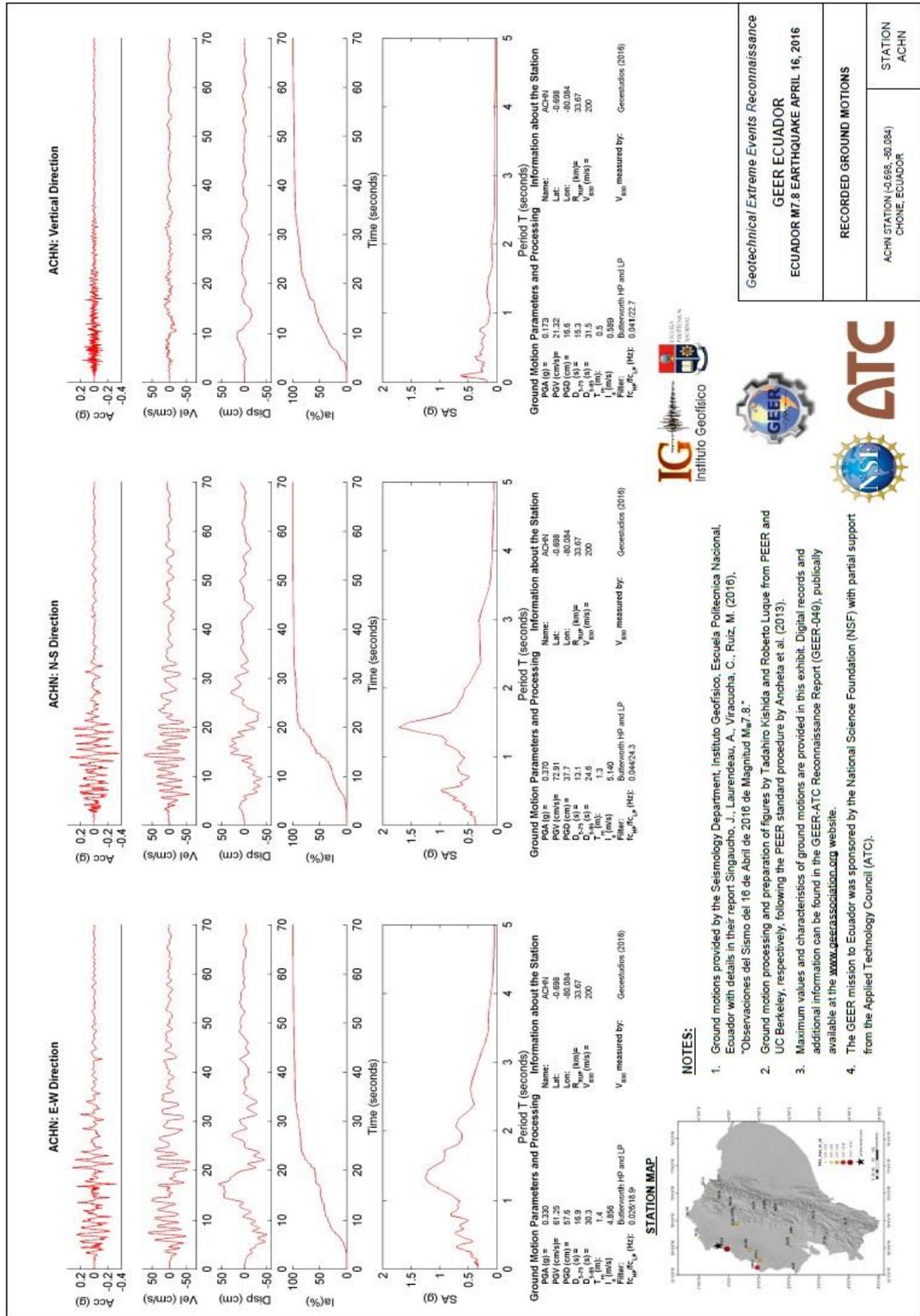


Figura 45. Fotografía tomada del GEER-ATC (2016) p.131 Estación de la ciudad de Chone

4.3.3. Registro del acelerograma captado por la estación APO1 ubicada en la ciudad de Portoviejo

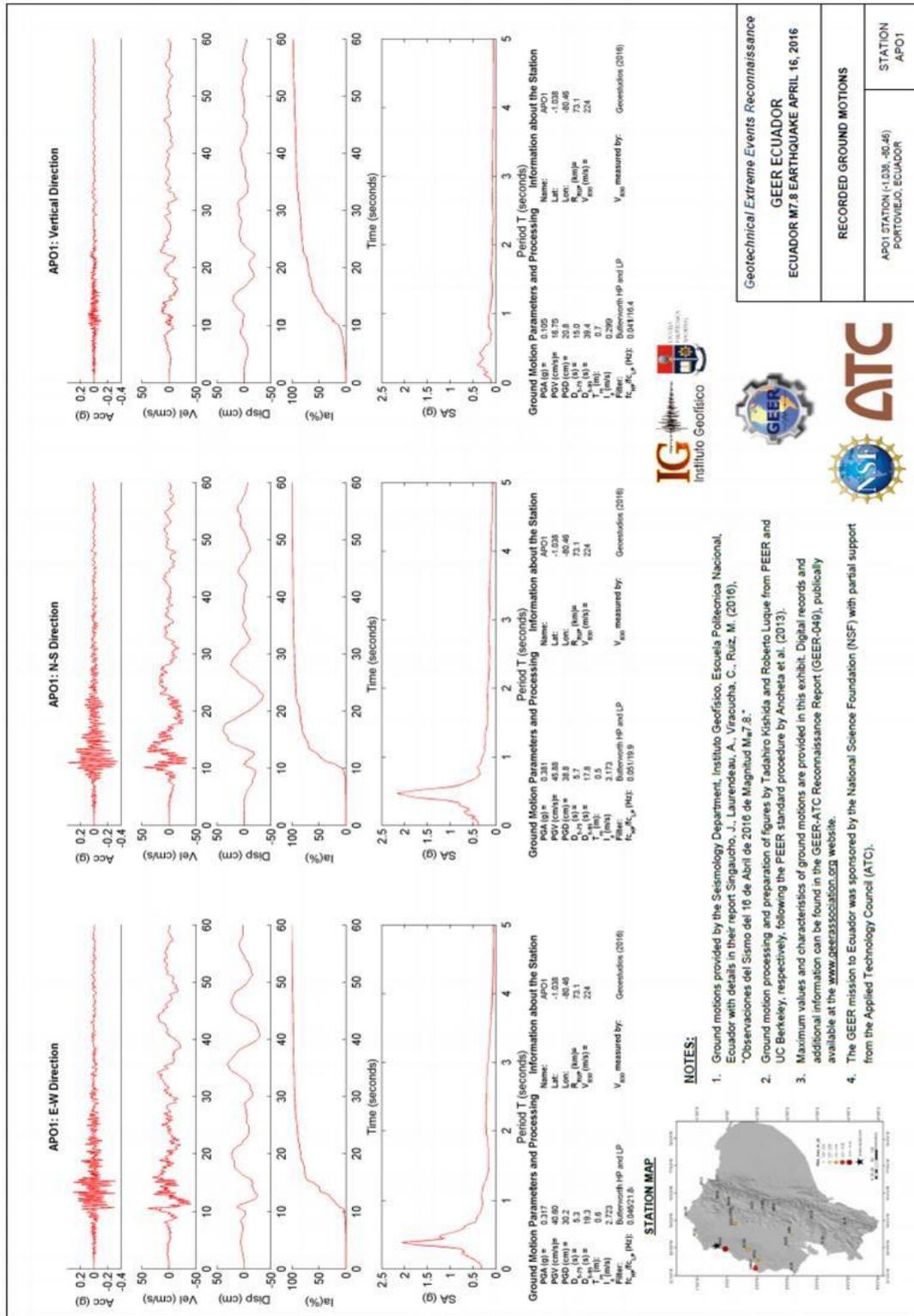


Figura 46. Fotografía tomada del GEER-ATC (2016) p.142 Estación de la ciudad de Portoviejo

4.3.4. Registro del acelerograma captado por la estación AMNT ubicada en la ciudad de Manta

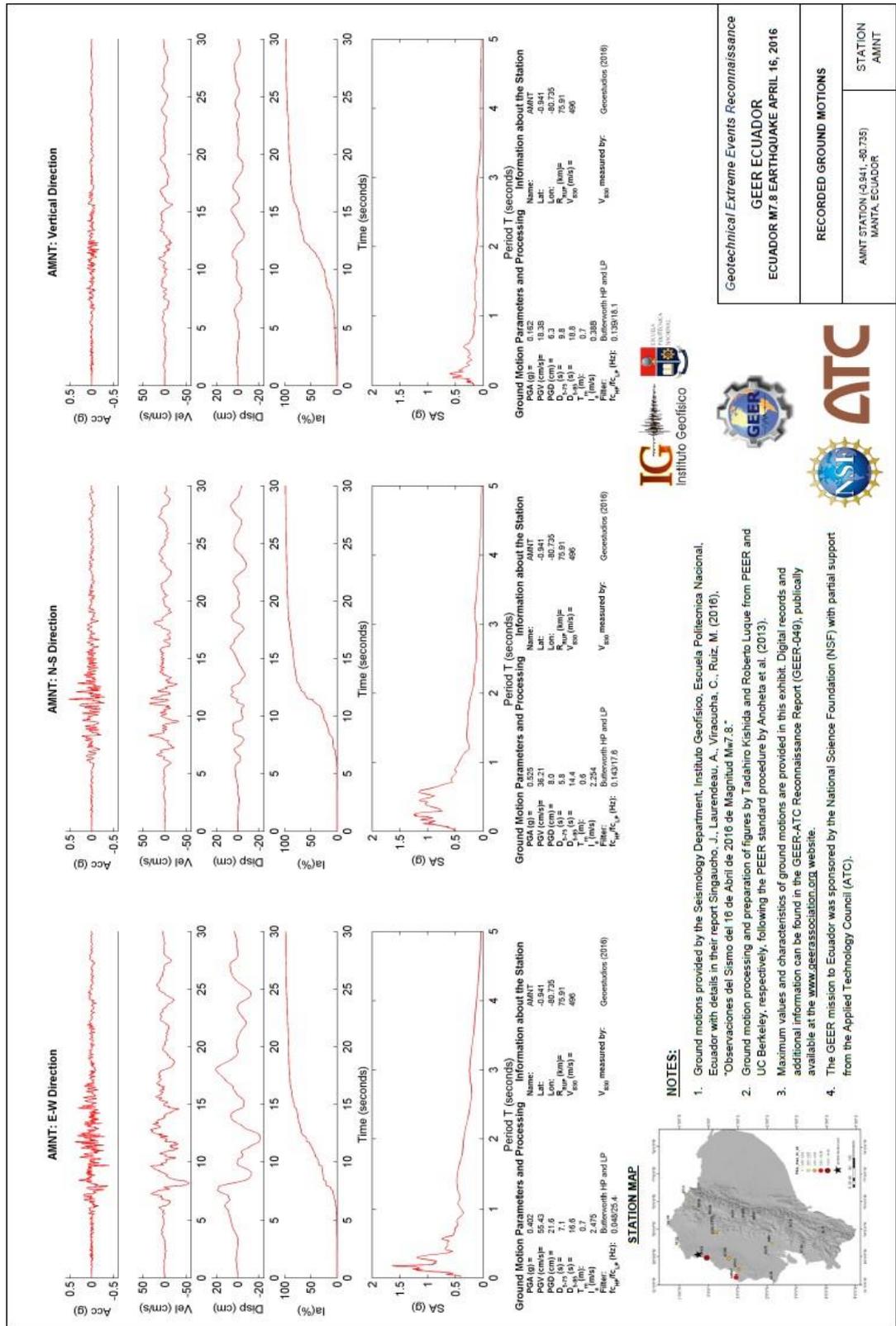


Figura 47. Fotografía tomada del GEER-ATC (2016) p.143 Estación de la ciudad de Manta

4.3.5. Tipo de suelo en las estaciones acelerográficas ubicadas en Manabí

Para elaborar el espectro de desplazamiento real de cada estructura de la manera más precisa es necesario conocer el tipo de suelo que existe en las estaciones acelerográficas debido a que las señales que utilizaremos son las medidas en el sitio por los acelerogramas, para poder clasificar el tipo de suelo utilizaremos información de la tabla anterior proporcionada por el GEER-ATC y los parámetros para clasificar el tipo de suelo según la Nec-15. A continuación se muestra la estación acelerográfica y el parámetro para clasificar el tipo de suelo.

Tabla 22 *Tipos de suelo de las estaciones acelerográficas de la provincia de Manabí*

Estación	Ciudad	Vs 30 (m/s)	Parámetro Según Nec-15	Tipo de suelo según Nec-15
ACHN	Chone	200	$360 \text{ m/s} > Vs \geq 180 \text{ m/s}$	D
APO1	Portoviejo	224	$360 \text{ m/s} > Vs \geq 180 \text{ m/s}$	D
AMNT	Manta	496	$760 \text{ m/s} > Vs \geq 360 \text{ m/s}$	C
ACHN	Bahía de Caráquez	200	$360 \text{ m/s} > Vs \geq 180 \text{ m/s}$	D

Nota: Elaborada por el autor

Capítulo V

5. Memoria de cálculo

5.1. Espectro de respuesta por curvas de peligro sísmico para suelos tipo B en Portoviejo.

5.1.1. Sismo Frecuente

Con las gráficas de las curvas de peligro sísmo mostradas en el capítulo anterior para la ciudad de Portoviejo se obtiene los valores de aceleración, teniendo como base un sismo frecuente con una tasa anual de excedencia del 0.01389 y en función de este valor se utiliza las curvas de los siguientes periodos: $T=0.1$, $T=0.2$, $T=0.5$ y $T=0.1$ para determinar el valor de la aceleración que corresponde a estos periodos.

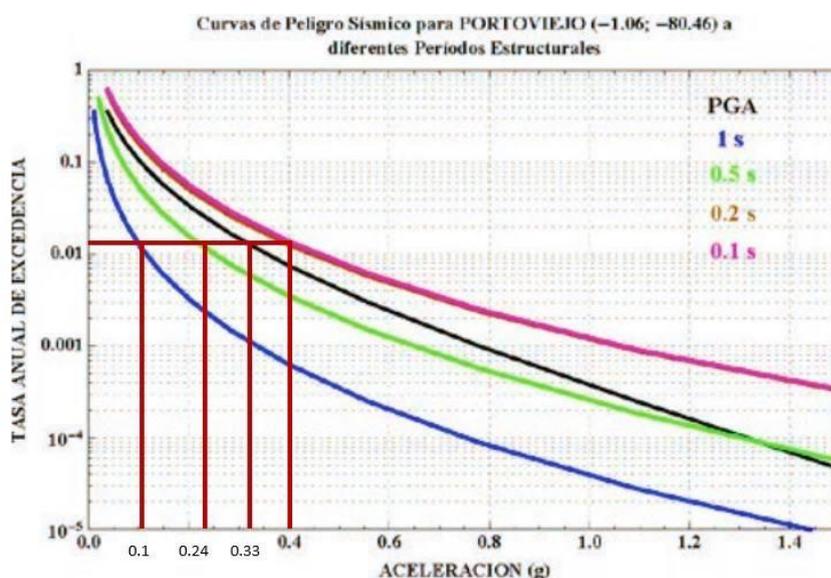


Figura 48. Curvas de Peligro de la provincia de Portoviejo en diferentes periodos con un nivel de sismo frecuente

A partir de los valores encontrados en la imagen anterior se forma una tabla que muestra los datos para construir el espectro de respuesta para un sismo frecuente en la ciudad de Portoviejo con un suelo tipo B.

Tabla 23 Sismo frecuente Periodo - Aceleración

<i>SISMO FRECUENTE</i>	
Periodo	Aceleración (g)
0	0,33
1	0,1
0,5	0,24
0,2	0,38
0,1	0,4

Nota: Elaborado por el autor

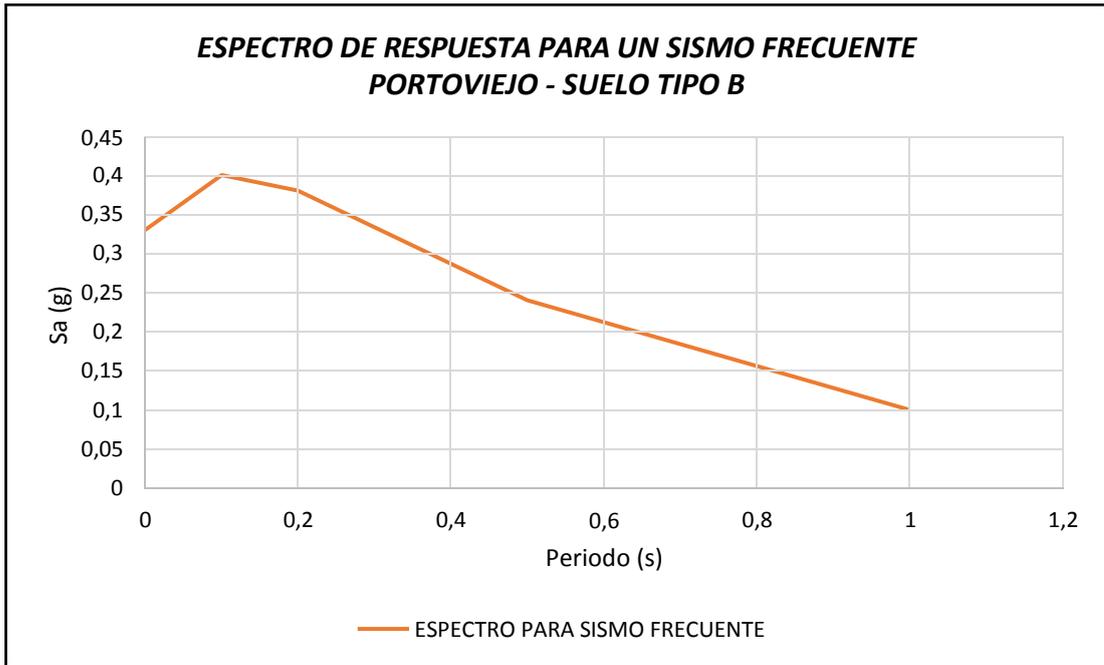


Figura 49. Espectro de respuesta para un sismo frecuente Portoviejo - Suelo tipo B

5.1.2. Sismo Ocasional

Con las gráficas de las curvas de peligro sismo mostradas en el capítulo anterior para la ciudad de Portoviejo se obtiene los valores de aceleración, teniendo como base un sismo ocasional con una tasa anual de excedencia del 0.00444 y en función de este valor se utiliza las curvas de los siguientes periodos: $T=0.1s$, $T=0.2s$, $T=0.5s$ y $T=0.1s$ para determinar el valor de la aceleración que corresponde a estos periodos.

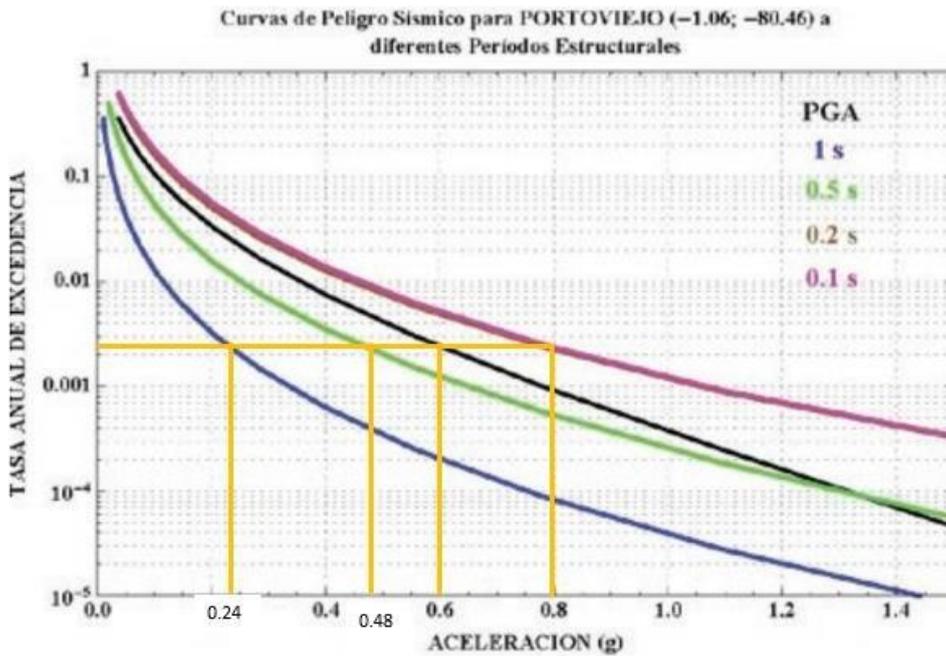


Figura 50. Curvas de Peligro de la provincia de Portoviejo en diferentes periodos con un nivel de sismo ocasional

A partir de los valores encontrados en la imagen anterior se forma una tabla que muestra los datos para construir el espectro de respuesta para un sismo frecuente en la ciudad de Portoviejo con un suelo tipo B.

Tabla 24 *Sismo ocasional, Periodo - Aceleración*

SISMO OCASIONAL	
Periodo	Aceleración (g)
0	0,6
1	0,24
0,5	0,48
0,2	0,8
0,1	0,79

Nota: Elaborado por el autor

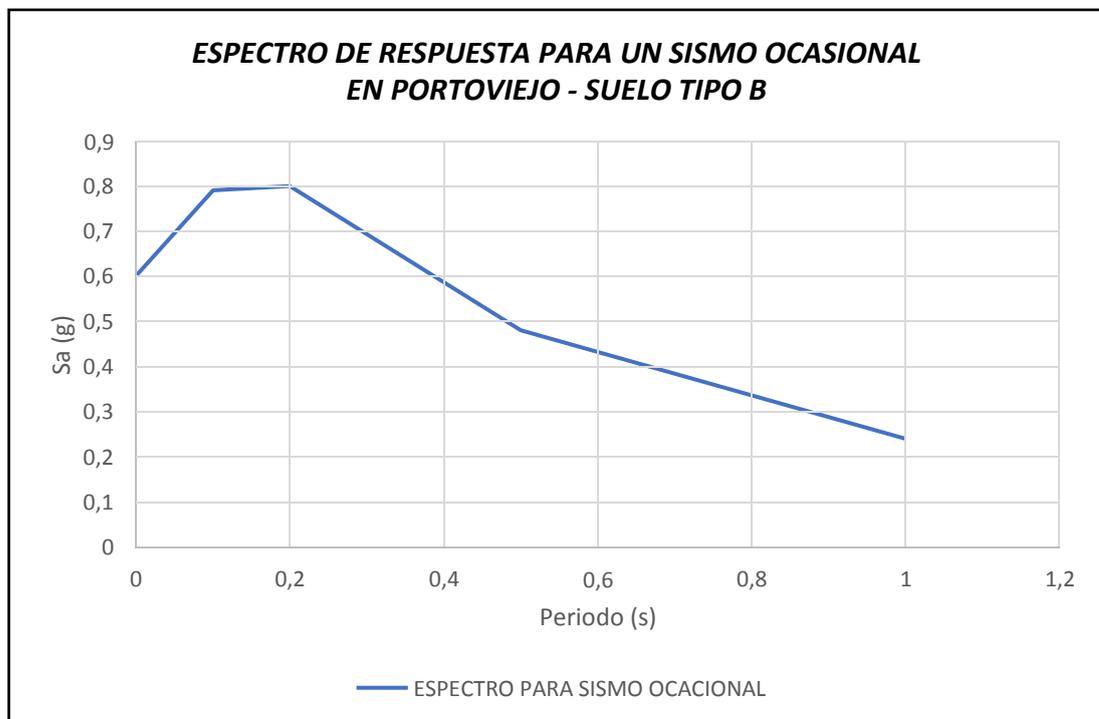


Figura 51. Espectro de respuesta para un sismo frecuente Portoviejo - Suelo tipo B

5.1.3. Sismo Raro

Con las gráficas de las curvas de peligro sismo mostradas en el capítulo anterior para la ciudad de Portoviejo se obtiene los valores de aceleración, teniendo como base un sismo raro con una tasa anual de excedencia del 0.00211 y en función de este valor se utiliza las curvas de los siguientes periodos: $T=0.1s$, $T=0.2s$, $T=0.5s$ y $T=0.1s$ para determinar el valor de la aceleración que corresponde a estos periodos.

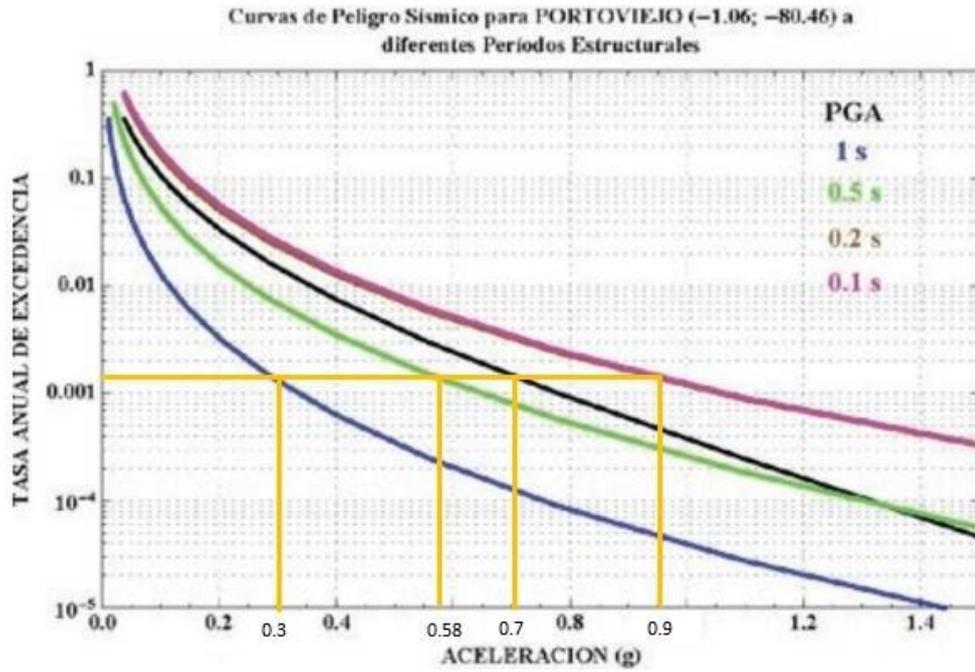


Figura 52. Curvas de Peligro de la provincia de Portoviejo en diferentes periodos con un nivel de sismo raro

A partir de los valores encontrados en la imagen anterior se forma una tabla que muestra los datos para construir el espectro de respuesta para un sismo raro en la ciudad de Portoviejo con un suelo tipo B.

Tabla 25 Sismo raro, Periodo - Aceleración

SISMO RARO	
Periodo	Aceleración (g)
0	0,7
1	0,3
0,5	0,58
0,2	0,89
0,1	0,95

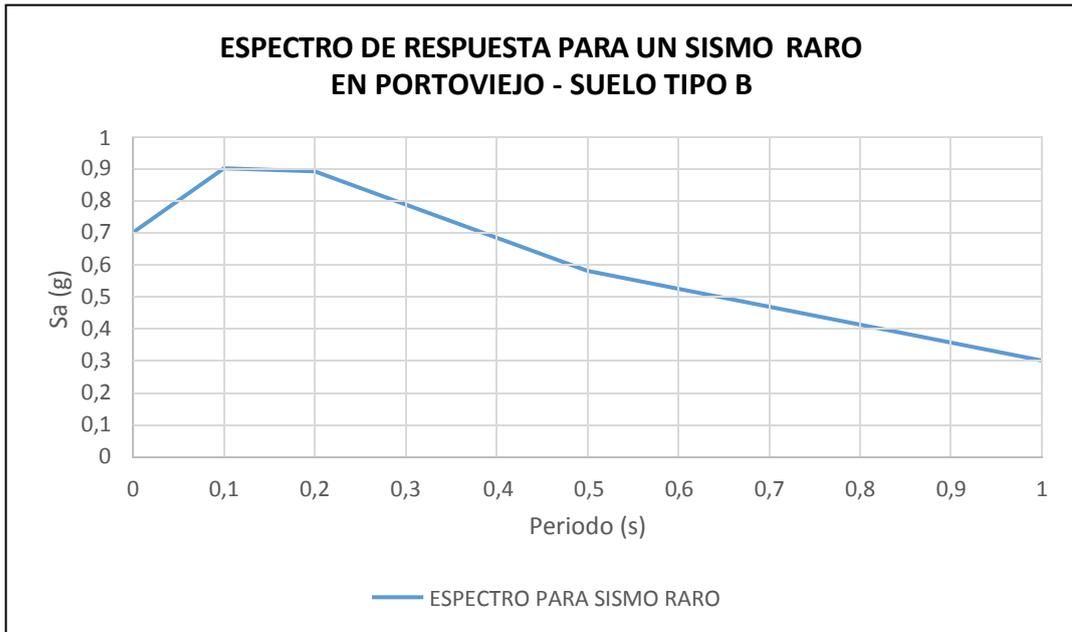


Figura 53. Espectro de respuesta para un sismo raro Portoviejo - Suelo tipo B

5.1.4. Sismo Muy Raro

Con las gráficas de las curvas de peligro sismo mostradas en el capítulo anterior para la ciudad de Portoviejo se obtiene los valores de aceleración, teniendo como base un sismo muy raro con una tasa anual de excedencia del 0.00040 y en función de este valor se utiliza las curvas de los siguientes periodos: $T=0.1s$, $T=0.2s$, $T=0.5s$ y $T=0.1s$ para determinar el valor de la aceleración que corresponde a estos periodos.

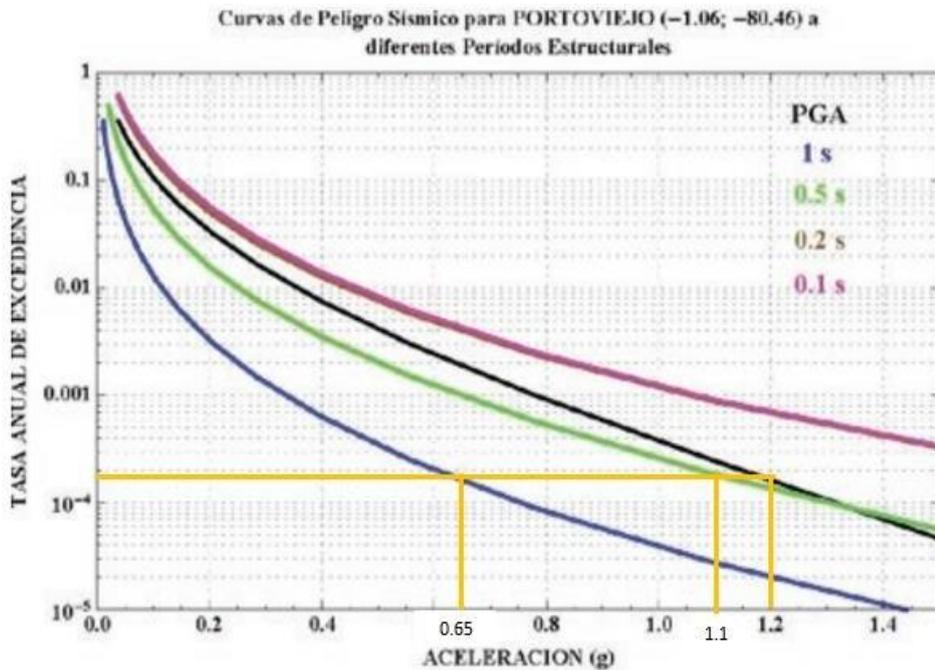


Figura 54. Curvas de Peligro de la provincia de Portoviejo en diferentes periodos con un nivel de sismo muy raro

A partir de los valores encontrados en la imagen anterior se forma una tabla que muestra los datos para construir el espectro de respuesta para un sismo raro en la ciudad de Portoviejo con un suelo tipo B. Para los periodos 0.1s y 0.2s se utilizó el máximo valor de aceleración alcanzado que es de 1.5g

Tabla 26 Sismo muy raro, Periodo - Aceleración

SISMO MUY RARO	
Periodo	aceleración (g)
0	1,2
1	0,65
0,5	1,1
0,2	1,5
0,1	1,5

Nota: Elaborado por el autor

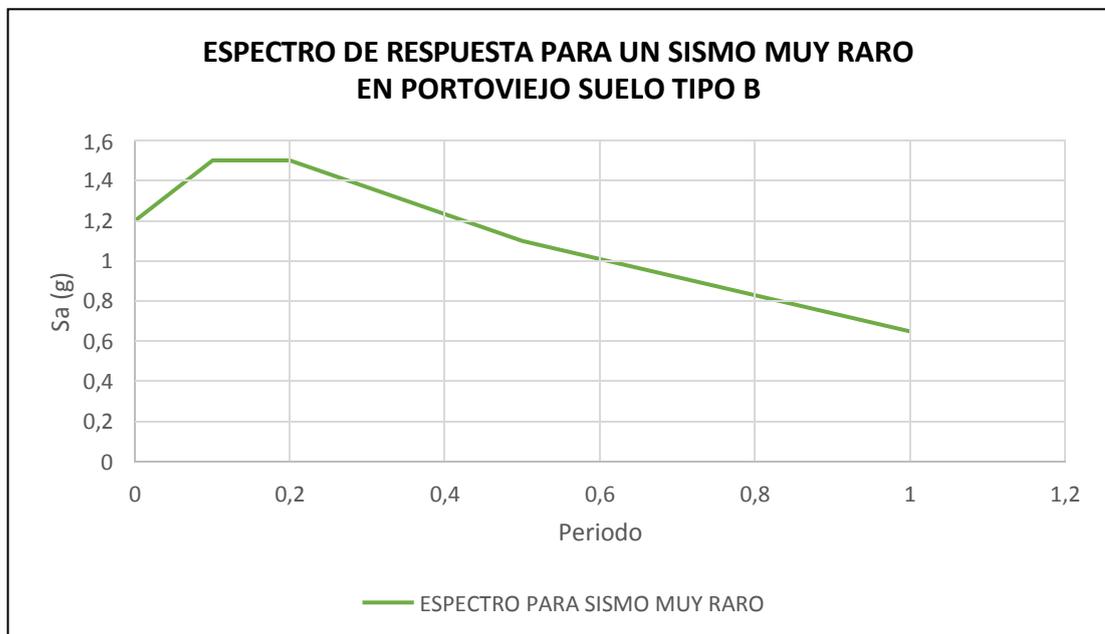


Figura 55. Espectro de respuesta para un sismo muy raro Portoviejo - Suelo tipo B

5.1.5. Comparación de los diferentes niveles de amenaza por medio de espectros de respuesta en Portoviejo con suelo tipo B

Por medio del siguiente gráfico se puede comparar los distintos niveles de amenaza sísmica en Portoviejo para suelo tipo B según la Nec-15 de forma que tendremos un espectro de respuesta para sismos frecuentes, ocasional, raro y muy raro.

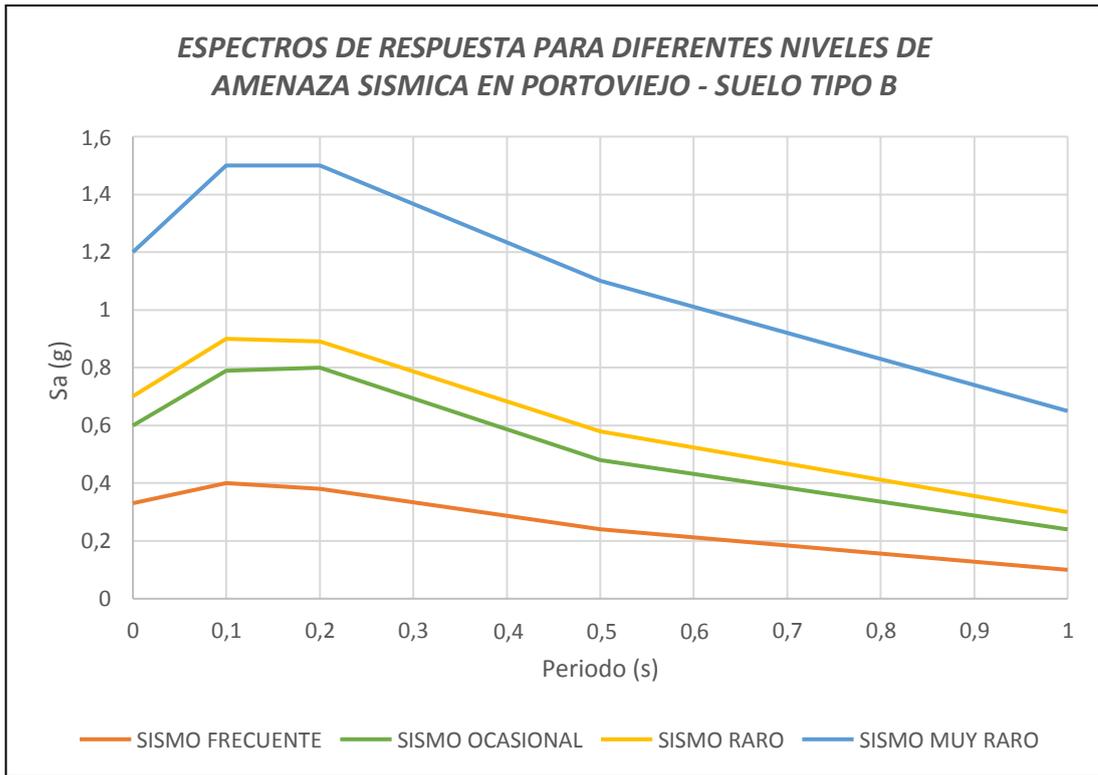


Figura 56. Espectro de respuesta para diferentes niveles de amenaza sísmica en Portoviejo - Suelo Tipo B

5.2. Espectros de respuesta de diseño según la Nec-15 para diferentes niveles de amenaza sísmica

5.2.1. Espectro de respuesta de diseño para un sismo frecuente según Nec-15 en suelo tipo B

Para elaborar el espectro de respuesta de diseño en un sismo frecuente es necesario conocer el tipo de suelo en el que se va analizar porque de ello va a depender todos los factores que compone al espectro de diseño según Nec-15. A continuación utilizaremos el valor obtenido en la curva de peligro sísmico para un sismo frecuente en suelo tipo B, como referencia se tiene el valor $Z = 0.33$, de manera que, los datos mostrados en la siguiente tabla tendrán como base este valor de Z para un suelo tipo B

Tabla 27 Suelo tipo B - Sismo frecuente

SUELO TIPO B		T Período (s)	Sa Aceleración (g)
SISMO FRECUENTE		0,00	0,33
Tr	72 años	0,08	0,59
1/Tr	0,0139	0,41	0,59
Z	0,33	0,51	0,48
Fa	1	0,61	0,40
Fd	1	0,71	0,34
Fs	0,75	0,81	0,30
N	1,8	0,91	0,27
R	1	1,01	0,24
NzFa	0,594	1,11	0,22
To	0,075	1,21	0,20
Tc	0,4125	1,71	0,14
TI	2,4	1,81	0,14
Nota: Elaborado por el autor		1,91	0,13
		2,01	0,12
		2,11	0,12
		2,21	0,11
		2,31	0,11
		2,41	0,10

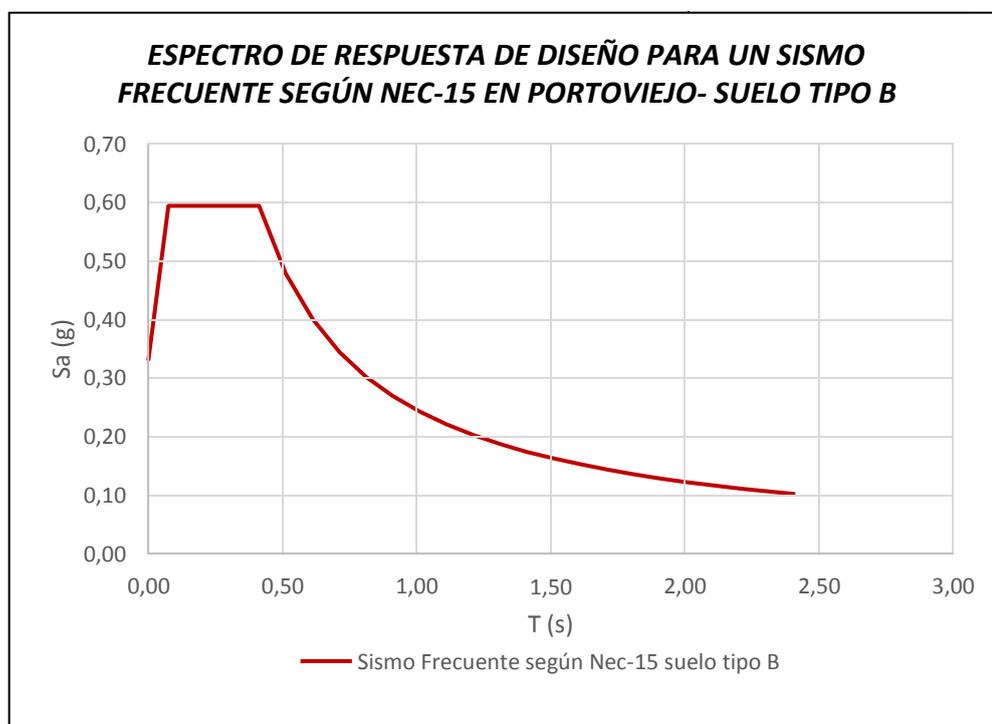


Figura 57. Espectro de respuesta de diseño para un sismo frecuente según la NEC-15 en Portoviejo - Suelo tipo B

5.2.2. Espectro de respuesta de diseño para un sismo ocasional según Nec-15 en suelo tipo B

Para elaborar el espectro de respuesta de diseño en un sismo ocasional es necesario conocer el tipo de suelo en el que se va analizar porque de ello va a depender todos los factores que compone al espectro de diseño según Nec-15. A continuación utilizaremos el valor obtenido en la curva de peligro sísmico para un sismo ocasional en suelo tipo B, como referencia se tiene el valor $Z = 0.6$, de manera que, los datos mostrados en la siguiente tabla tendrán como base este valor de Z para un suelo tipo B

Tabla 28 *Suelo tipo B - Sismo ocasional*

SUELO TIPO B SISMO OCASIONAL	
Tr	225 años
1/Tr	0,0044
Z	0,6
Fa	1
Fd	1
Fs	0,75
N	1,8
R	1
nzFa	1,08
To	0,075
Tc	0,4125
Tl	2,4

Nota: Elaborado por el autor

Tabla 29 *Suelo tipo B sismo ocasional, T Periodo - Sa Aceleración*

T Periodo (s)	Sa Aceleración (g)
0,00	0,60
0,08	1,08
0,41	1,08
0,51	0,87
0,61	0,73
1,01	0,44
1,11	0,40
1,51	0,29
1,61	0,28
2,01	0,22
2,31	0,19
2,41	0,18

Nota: Elaborado por el autor

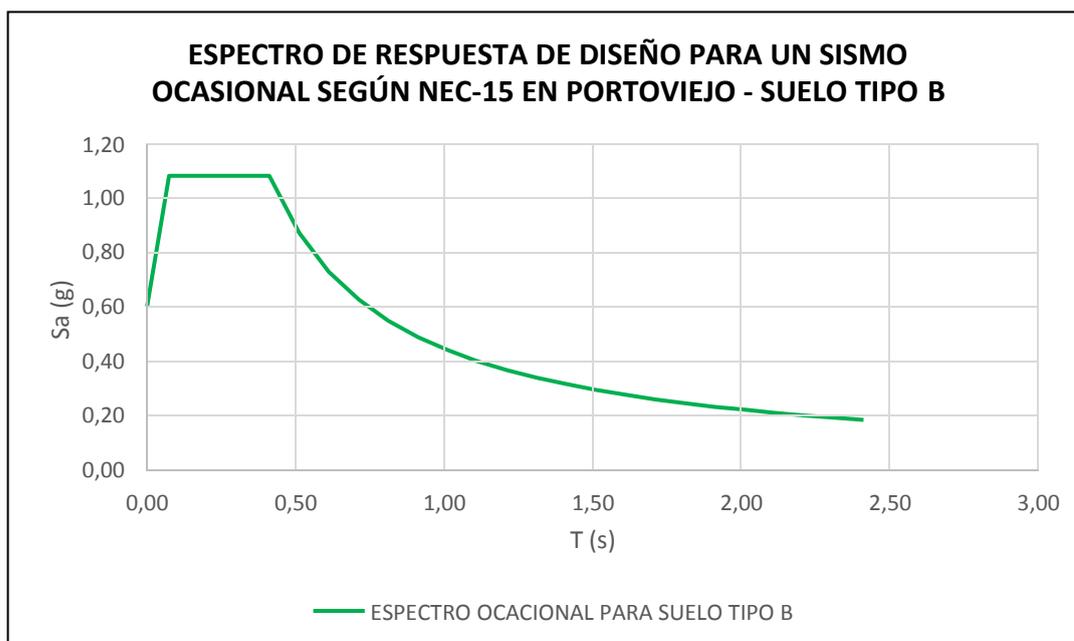


Figura 58. Espectro de respuesta de Diseño para un sismo ocasional según la NEC-15 en Portoviejo Suelo tipo B

5.2.3. Espectro de respuesta de diseño para un sismo raro según Nec-15 en suelo tipo B

Para elaborar el espectro de respuesta de diseño en un sismo raro es necesario conocer el tipo de suelo en el que se va analizar porque de ello va a depender todos los factores que compone al espectro de diseño según Nec-15. A continuación utilizaremos el valor obtenido en la curva de peligro sísmico para un sismo raro en suelo tipo B, como referencia se tiene el valor $Z = 0.7$, de manera que, los datos mostrados en la siguiente tabla tendrán como base este valor de Z para un suelo tipo B

Tabla 30 Suelo tipo B - Sismo raro

SUELO TIPO B		T Periodo (s)	Sa Aceleración (g)
SISMO RARO			
		0,00	0,70
Tr	475 años	0,08	1,26
1/Tr	0,0021	0,41	1,26
Z	0,7	0,71	0,73
Fa	1	0,81	0,64
Fd	1	0,91	0,57
Fs	0,75	1,01	0,51
N	1,8	1,71	0,30
R	1	1,81	0,29
nzFa	1,26	1,91	0,27
To	0,075	2,01	0,26
Tc	0,4125	2,11	0,25
Tl	<u>2,4</u>	<u>2,41</u>	<u>0,22</u>

Nota: Elaborado por el autor

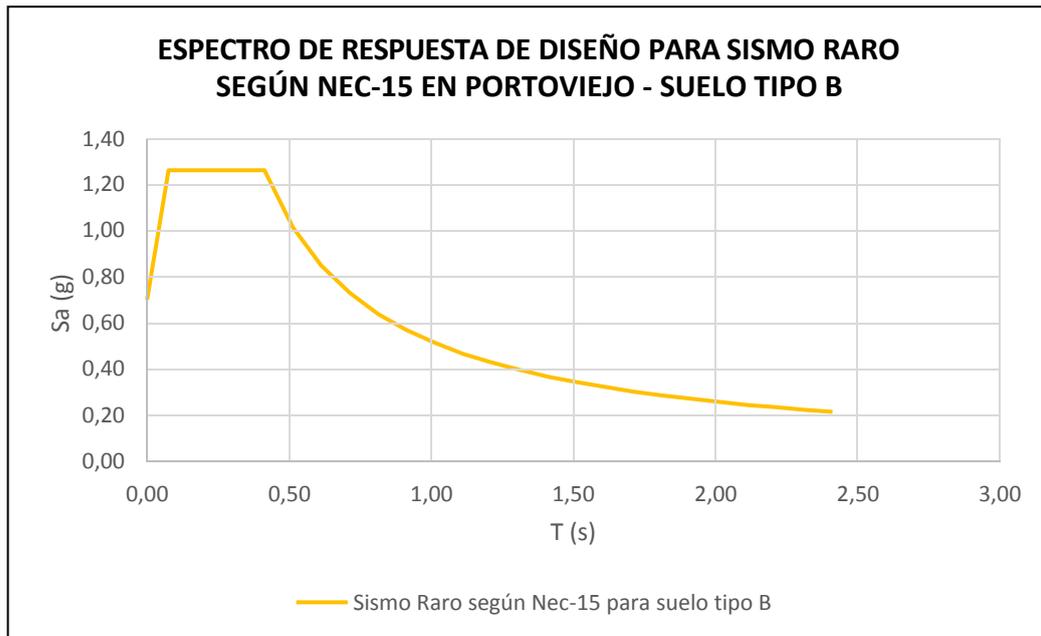


Figura 59. Espectro de respuesta de diseño para sismo raro según NEC-15 en Portoviejo - Suelo tipo B

5.2.4. Espectro de respuesta de diseño para un sismo muy raro según Nec-15 en suelo tipo B

Para elaborar el espectro de respuesta de diseño en un sismo muy raro es necesario conocer el tipo de suelo en el que se va a analizar porque de ello va a depender todos los factores que componen al espectro de diseño según Nec-15. A continuación utilizaremos el valor obtenido en la curva de peligro sísmico para un sismo muy raro en suelo tipo B, como referencia se tiene el valor $Z = 1.2$, de manera que, los datos mostrados en la siguiente tabla tendrán como base este valor de Z para un suelo tipo B

Tabla 31 *Suelo tipo B - Sismo muy raro*

SUELO TIPO B SISMO MUY RARO	
Tr	2500
1/Tr	0,0004
Z	1,2
Fa	1
Fd	1
Fs	0,75
N	1,8
R	1
nzFa	2,16
To	0,075
Tc	0,4125
Tl	2,4

Nota: Elaborado por el autor

Tabla 32 Suelo tipo B sismo muy raro T Periodo - Sa Aceleración

T Periodo (s)	Sa Aceleración (g)
0	1,2
0,075	2,16
0,4125	2,16
0,5125	1,738536585
0,6125	1,454693878
0,7125	1,250526316
1,3125	0,678857143
1,4125	0,63079646
1,5125	0,589090909
1,6125	0,55255814
1,7125	0,520291971
2,1125	0,421775148
2,3125	0,385297297
2,4125	0,369326425

Nota: Elaborado por el autor

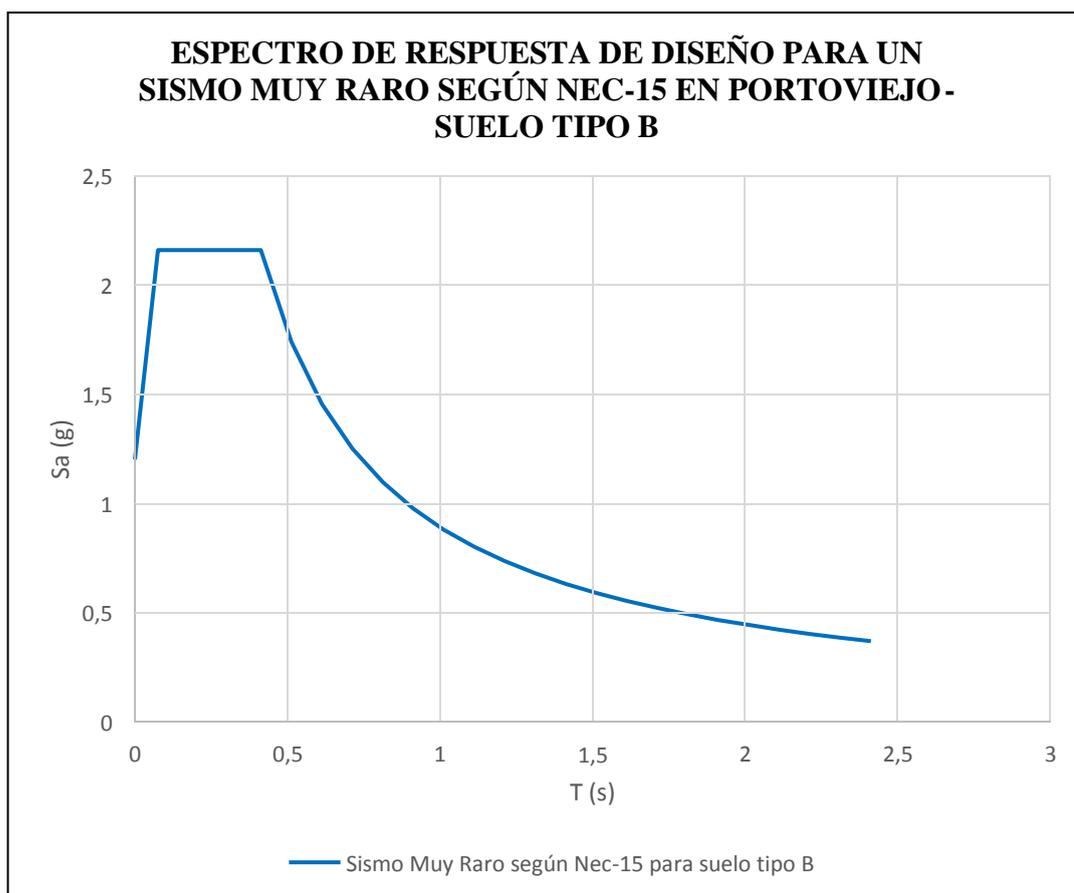


Figura 60. Espectro de respuesta de diseño para un sismo muy raro según NEC-15 en Portoviejo - Suelo tipo B

5.2.5. Comparación entre el espectro de respuesta según las curvas de peligro sísmico y el espectro de respuesta de diseño según la Nec-15 en suelo tipo B

- **Sismo Frecuente**

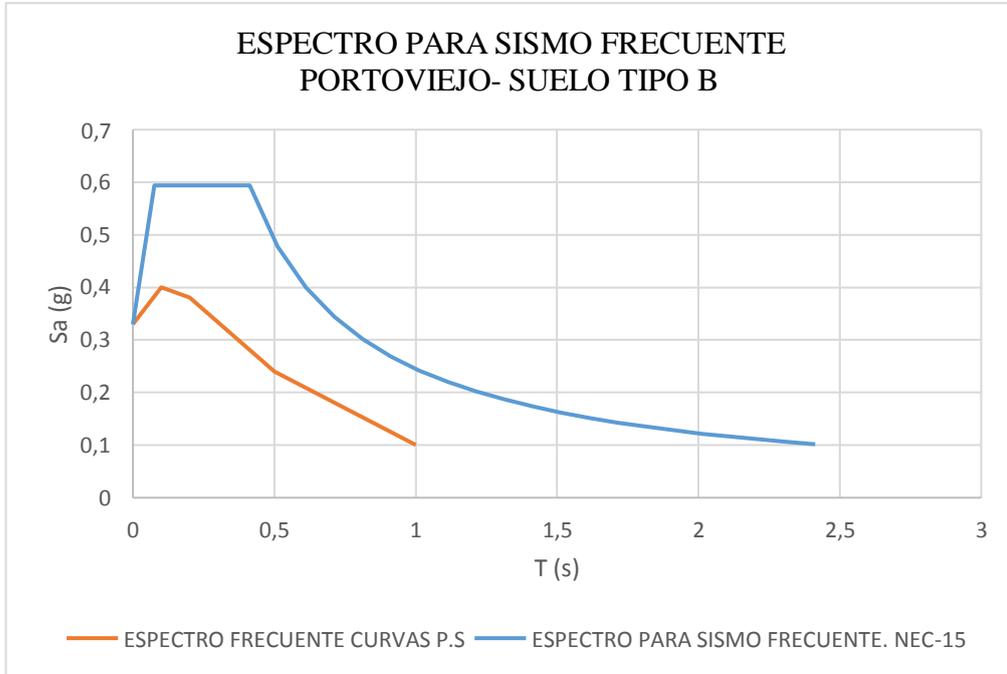


Figura 61. Espectro para sismo frecuente Portoviejo - Suelo tipo B

- **Sismo Ocasional**

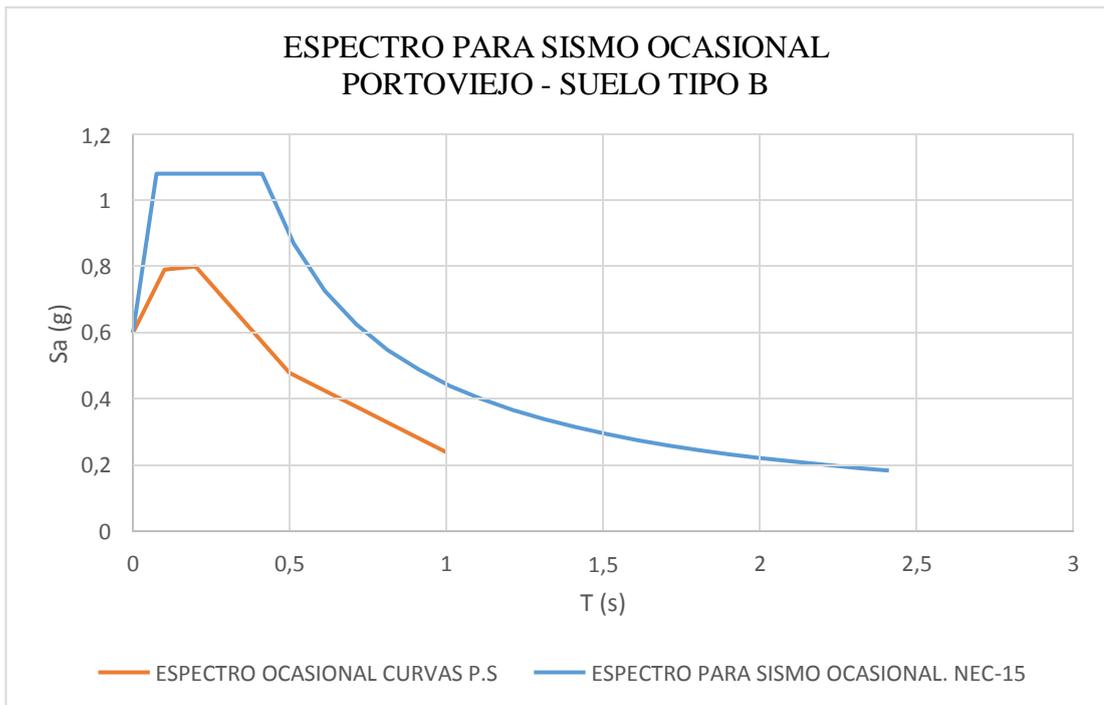


Figura 62. Espectro para sismo ocasional Portoviejo - Suelo tipo B

- **Sismo Raro**

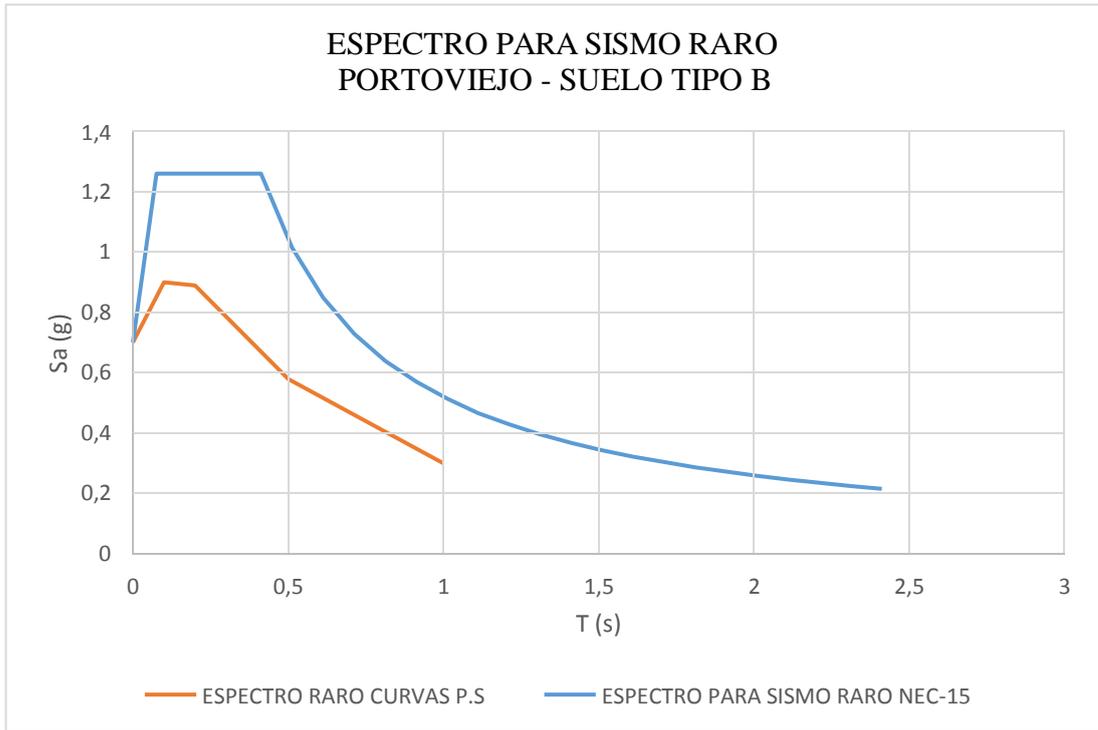


Figura 63. Espectro para sísmico raro e Portoviejo - Suelo tipo B

- **Sismo Muy Raro**

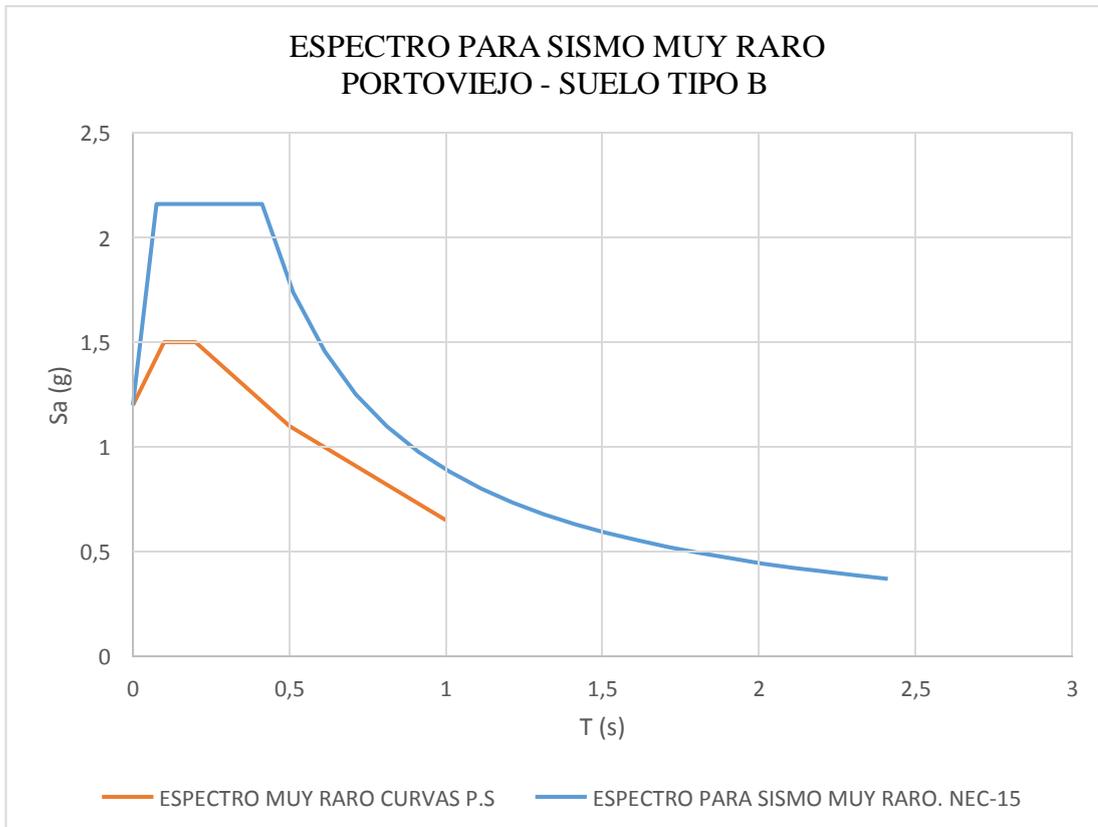


Figura 64. Espectro para sismo muy raro en Portoviejo - Suelo tipo B

5.3. Espectro de respuesta de diseño para diferentes niveles de amenaza según Nec-15 en suelo tipo D

En el presente caso de estudio se tiene estructuras de ocupación especial cimentadas en suelo tipo D, por lo que se procederá a cambiar los espectros de respuesta de diseño visto anteriormente debido que son espectros obtenidos a partir de la curva de peligro sísmico que se encuentra en suelo tipo B.

5.3.1. Sismo frecuente

Para elaborar el espectro de respuesta de diseño en un sismo frecuente es necesario conocer el tipo de suelo en el que se va analizar porque de ello va a depender todos los factores que compone al espectro de diseño según Nec-15. A continuación se utilizara el valor obtenido en la curva de peligro sísmico para un sismo Frecuente en suelo tipo B, como referencia se tiene el valor $Z = 0.33$, de manera que, los datos mostrados en la siguiente tabla tendrán como base este valor de Z para un suelo tipo D.

Tabla 33 Suelo tipo B - Sismo frecuente

SUELO TIPO D		T Periodo	Sa Aceleración
SISMO FRECUENTE		(s)	(g)
Tr	72 años	0,00	0,33
1/Tr	0,0139	0,12	0,75
Z	0,33	0,66	0,75
Fa	1,27	0,76	0,65
Fd	1,31	0,86	0,58
Fs	1,158	0,96	0,52
N	1,8	1,06	0,47
R	1	1,16	0,43
nzFa	0,75438	1,26	0,39
To	0,12	1,36	0,37
Tc	0,66	1,46	0,34
Tl	3,144	1,96	0,25
		2,56	0,19
		2,66	0,19
		2,76	0,18
		2,86	0,17
		3,16	0,16
		3,26	0,15
		3,36	0,15

Nota: Elaborado por el autor



Figura 65. Espectro de respuesta de diseño para sismo frecuente según NEC-15 en Portoviejo para suelo tipo D

5.3.2. Sismo Ocasional

Para elaborar el espectro de respuesta de diseño en un sismo ocasional es necesario conocer el tipo de suelo en el que se va analizar porque de ello va a depender todos los factores que compone al espectro de diseño según Nec-15. A continuación se utilizará el valor obtenido en la curva de peligro sísmico para un sismo ocasional en suelo tipo B, como referencia se tiene el valor $Z = 0.6$, de manera que, los datos mostrados en la siguiente tabla tendrán como base este valor de Z para un suelo tipo D.

Tabla 34 *Suelo tipo D - Sismo ocasional*

SUELO TIPO D		T Periodo	
SISMO OCASIONAL		(s)	Sa Aceleración (g)
Tr	225 años	0	0,6
1/Tr	0,0044	0,13875	1,2096
Z	0,6	0,763125	1,2096
Fa	1,12	0,863125	1,069458074
Fd	1,11	0,963125	0,958417651
Fs	1,4	1,063125	0,868266667
N	1,8	1,163125	0,793617195
R	1	1,263125	0,730787531
NzFa	1,21	2,063125	0,447416419
To	0,13875	2,163125	0,426732621
Tc	0,763125	2,563125	0,360136942
Tl	2,664	2,763125	0,334069577

Nota: Elaborado por el autor



Figura 66. Espectro de respuesta de diseño para un sismo ocasional según NEC-15 en Portoviejo - Suelo tipo D

5.3.3. Sismo Raro

Para elaborar el espectro de respuesta de diseño en un sismo raro es necesario conocer el tipo de suelo en el que se va analizar porque de ello va a depender todos los factores que compone al espectro de diseño según Nec-15. A continuación se utilizará el valor obtenido en la curva de peligro sísmico para un sismo raro en suelo tipo B, como referencia se tiene el valor $Z = 0.7$, de manera que, los datos mostrados en la siguiente tabla tendrán como base este valor de Z para un suelo tipo D.

Tabla 35 Suelo tipo D - Sismo raro

SUELO TIPO D		T Periodo	Sa Aceleración
SISMO RARO		(s)	(g)
		0,00	0,70
Tr	475 años	0,14	1,41
1/Tr	0,0021	0,96	1,12
Z	0,7	1,06	1,01
Fa	1,12	1,16	0,93
Fd	1,11	1,26	0,85
Fs	1,4	1,36	0,79
N	1,8	1,96	0,55
R	1	2,06	0,52
NzFa	1,4112	2,16	0,50
To	0,13875	2,56	0,42
Tc	0,763125	2,66	0,40
Tl	2,664	2,76	0,39

Nota: Elaborado por el autor

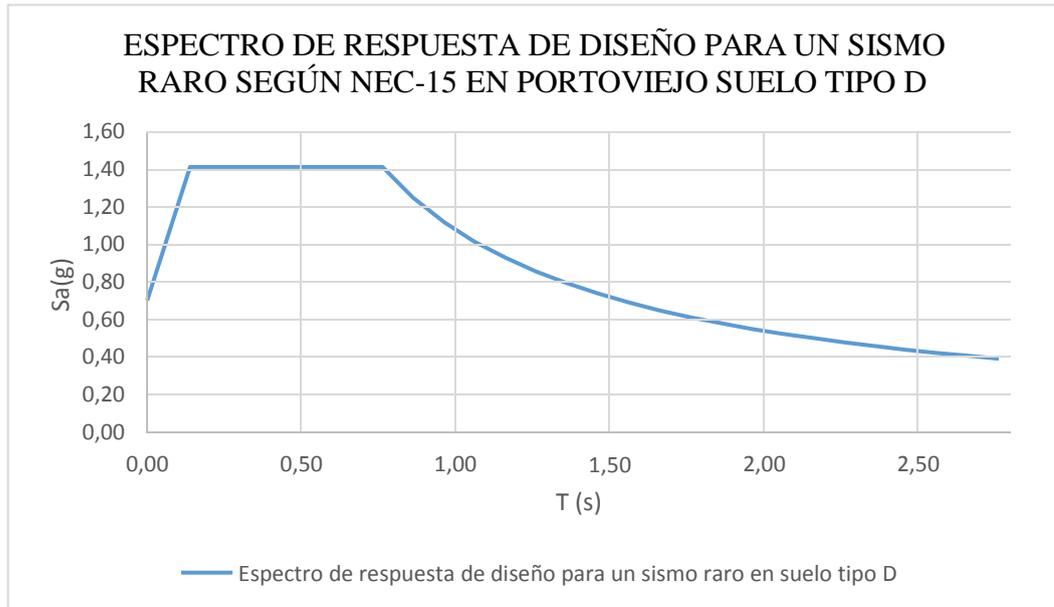


Figura 67. Espectro de respuesta de diseño para un sismo raro según NEC-15 en Portoviejo suelo tipo D

5.3.4. Sismo muy raro

Para elaborar el espectro de respuesta de diseño en un sismo muy raro es necesario conocer el tipo de suelo en el que se va a analizar porque de ello va a depender todos los factores que compone al espectro de diseño según Nec-15. A continuación se utilizará el valor obtenido en la curva de peligro sísmico para un sismo muy raro en suelo tipo B, como referencia se tiene el valor $Z = 1.2$, de manera que, los datos mostrados en la siguiente tabla tendrán como base este valor de Z para un suelo tipo D.

Tabla 36 Suelo tipo D - Sismo muy raro

SUELO TIPO D		T Periodo	Sa Aceleración
SISMO MUY RARO		(s)	(g)
Tr	2500 años	0	1,2
1/Tr	0,0004	0,13875	2,4192
Z	1,2	0,763125	2,4192
Fa	1,12	0,863125	2,138916148
Fd	1,11	0,963125	1,916835302
Fs	1,4	1,363125	1,354352682
N	1,8	1,463125	1,261786929
R	1	1,563125	1,181064854
NzFa	2,4192	1,663125	1,110050056
To	0,13875	2,263125	0,815753438
Tc	0,763125	2,463125	0,749516163
Tl	2,664	2,763125	0,668139154

Nota: Elaborado por el autor

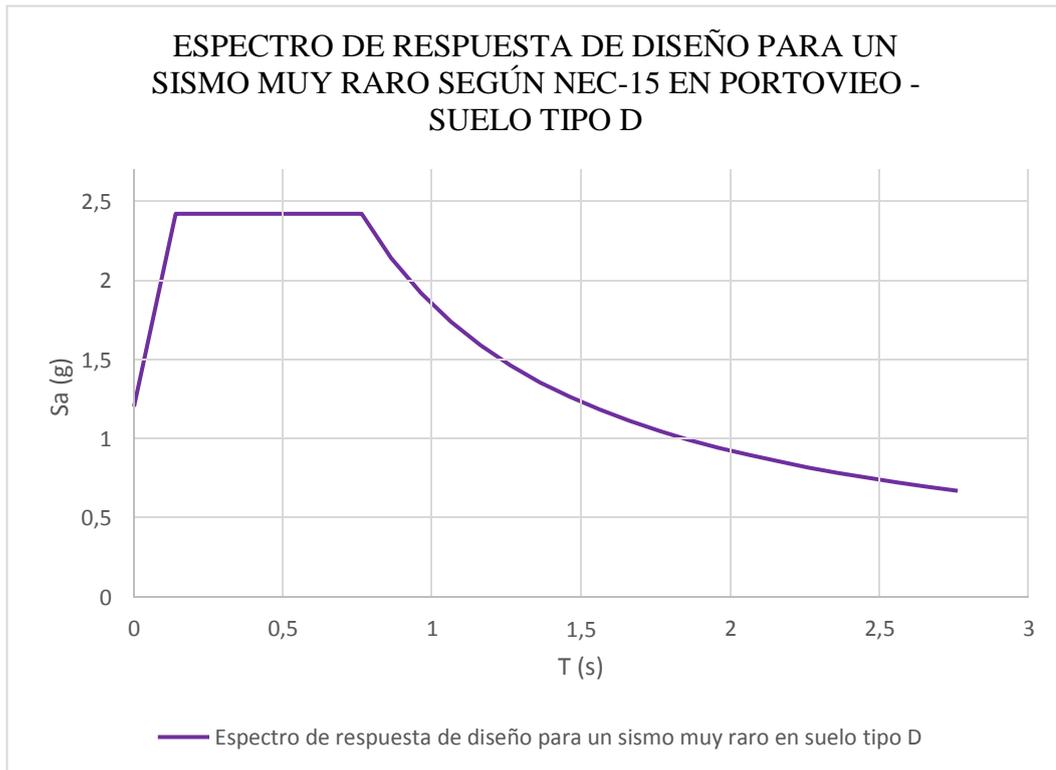


Figura 68. Espectro de respuesta de diseño para un sismo muy raro según NEC-15 en Portoviejo -suelo tipo D

5.4. Espectro de respuesta de diseño para diferentes niveles de amenaza según Nec-15 en suelo tipo E

En el presente caso de estudio se tiene estructuras de ocupación especial cimentadas en suelo tipo E, por lo que se procederá a cambiar los espectros de respuesta de diseño visto anteriormente debido que son espectros obtenidos a partir de la curva de peligro sísmico que se encuentra en suelo tipo B.

5.4.1. Sismo frecuente

Para elaborar el espectro de respuesta de diseño en un sismo frecuente es necesario conocer el tipo de suelo en el que se va analizar porque de ello va a depender todos los factores que compone al espectro de diseño según Nec-15. A continuación se utilizará el valor obtenido en la curva de peligro sísmico para un sismo Frecuente en suelo tipo B, como referencia se tiene el valor $Z = 0.33$, de manera que, los datos mostrados en la siguiente tabla tendrán como base este valor de Z para un suelo tipo E.

Tabla 37 Suelo tipo E - Sismo frecuente

SUELO TIPO E		T Periodo	Sa Aceleración
SISMO FRECUENTE		(s)	(g)
Tr	72 años	0,00	0,33
1/Tr	0,0139	0,25	0,69
Z	0,33	1,39	0,69
Fa	1,16	1,49	0,64
Fd	1,67	1,59	0,60
Fs	1,76	1,69	0,57
N	1,8	1,79	0,54
R	1	1,89	0,51
nzFa	0,68904	1,99	0,48
To	0,25	2,09	0,46
Tc	1,39	2,19	0,44
Tl	4,008	2,29	0,42
		2,39	0,40
		2,79	0,34
		2,89	0,33
		2,99	0,32
		3,09	0,31

Nota: Elaborado por el autor



Figura 69. Espectro de respuesta de diseño para sismo frecuente NEC-15 en Portoviejo para suelo tipo E

5.4.2. Sismo Ocasional

Para elaborar el espectro de respuesta de diseño en un sismo ocasional es necesario conocer el tipo de suelo en el que se va analizar porque de ello va a depender todos los factores que compone al espectro de diseño según Nec-15. A continuación se utilizará el valor obtenido en la curva de peligro sísmico para un sismo ocasional en suelo tipo B, como referencia se tiene el valor $Z = 0.6$, de manera que, los datos mostrados en la siguiente tabla tendrán como base este valor de Z para un suelo tipo E.

Tabla 38 Suelo tipo E - Sismo ocasional

SUELO TIPO E		T Periodo (s)	Sa Aceleración (g)
SISMO OCASIONAL		0	0,6
Tr	225 años	0,247058824	1,02
1/Tr	0,0044	1,358823529	1,02
Z	0,6	1,458823529	0,950080645
Fa	0,85	1,758823529	0,788026756
Fd	1,5	1,858823529	0,745632911
Fs	1,4	1,958823529	0,707567568
N	2	2,058823529	0,6732
R	1	2,158823529	0,642016349
nzFa	1,02	2,958823529	0,468429423
To	0,247058824	3,058823529	0,453115385
Tc	1,358823529	3,158823529	0,43877095
Tl	3,6	3,358823529	0,412644483

Nota: Elaborado por el autor

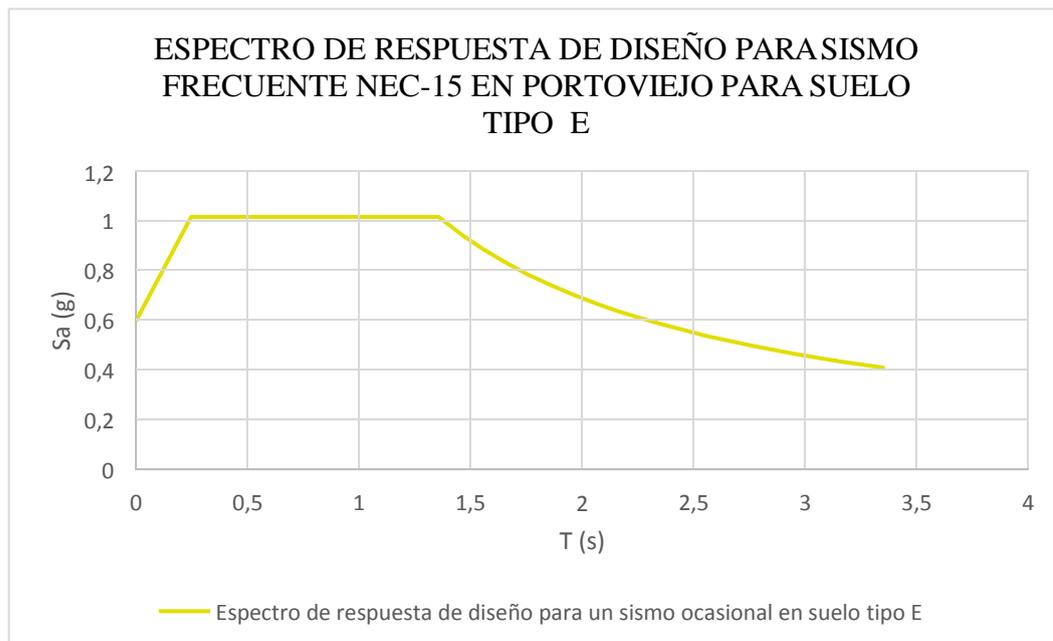


Figura 70. Espectro de respuesta de diseño para sismo frecuente NEC-15 en Portoviejo para suelo tipo E

5.4.3. Sismo Raro

Para elaborar el espectro de respuesta de diseño en un sismo raro es necesario conocer el tipo de suelo en el que se va analizar porque de ello va a depender todos los factores que compone al espectro de diseño según Nec-15. A continuación se utilizará el valor obtenido en la curva de peligro sísmico para un sismo raro en suelo tipo B, como referencia se tiene el valor $Z = 0.7$, de manera que, los datos mostrados en la siguiente tabla tendrán como base este valor de Z para un suelo tipo E.

Tabla 39 Suelo tipo D - Sismo raro

SUELO TIPO D SISMO RARO		T Periodo (s)	Sa Aceleración (g)
Tr	475 años	0,00	0,70
1/Tr	0,0021	0,25	1,07
Z	0,7	1,36	1,07
Fa	0,85	1,46	1,00
Fd	1,5	1,76	0,83
Fs	1,4	1,86	0,78
N	1,8	1,96	0,74
R	1	2,06	0,71
NzFa	1,071	2,16	0,67
To	0,247058824	2,66	0,55
Tc	1,358823529	2,96	0,49
Tl	3,6	3,06	0,48
		3,36	0,43

Nota: Elaborado por el autor



Figura 71. Espectro de respuesta de diseño para sismo raro según NEC-15 en Portoviejo - Suelo tipo D

5.4.4. Sismo muy raro

Para elaborar el espectro de respuesta de diseño en un sismo muy raro es necesario conocer el tipo de suelo en el que se va analizar porque de ello va a depender todos los factores que compone al espectro de diseño según Nec-15. A continuación se utilizará el valor obtenido en la curva de peligro sísmico para un sismo muy raro en suelo tipo B, como referencia se tiene el valor $Z = 1.2$, de manera que, los datos mostrados en la siguiente tabla tendrán como base este valor de Z para un suelo tipo E.

Tabla 40 Suelo tipo D - Sismo muy raro

SUELO TIPO D		T Periodo	Sa Aceleración
SISMO MUY RARO		(s)	(g)
		0	1,2
Tr	2500 años	0,247058824	1,836
1/Tr	0,0004	1,358823529	1,836
Z	1,2	1,458823529	1,710145161
Fa	0,85	1,858823529	1,342139241
Fd	1,5	1,958823529	1,273621622
Fs	1,4	2,058823529	1,21176
N	1,8	2,158823529	1,155629428
R	1	2,958823529	0,843172962
NzFa	1,836	3,058823529	0,815607692
To	0,247058824	3,158823529	0,789787709
Tc	1,358823529	3,258823529	0,765552347
Tl	3,6	3,358823529	0,74276007

Nota: Elaborado por el autor

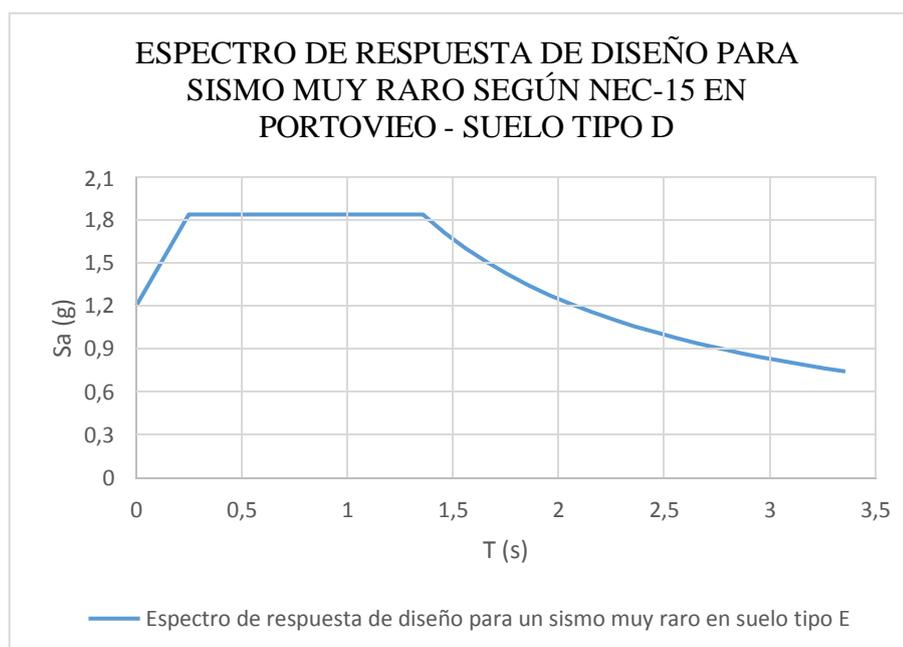


Figura 72. Espectro de respuesta de diseño para sismo muy raro según NEC-15 en Portoviejo - Suelo tipo D

5.5. Acelerograma ubicado en la ciudad de Manta

En el análisis de las estructuras de ocupación especial se utilizó los datos de aceleración captados en la estación acelerográfica de la ciudad de Manta (AMNT) con el fin de poder relacionar los datos captados luego del evento sísmico, con las estructuras de interés que se ubican en la ciudad de Manta. Con los datos provenientes del RENAC se pudo obtener la aceleración captada con el acelerograma, de manera que, aplicando los conocimientos impartidos en la Universidad Católica Santiago de Guayaquil en el curso de Ingeniería Sísmica, de manera que se logró procesar estos datos para poder construir el espectro de respuesta del sitio.

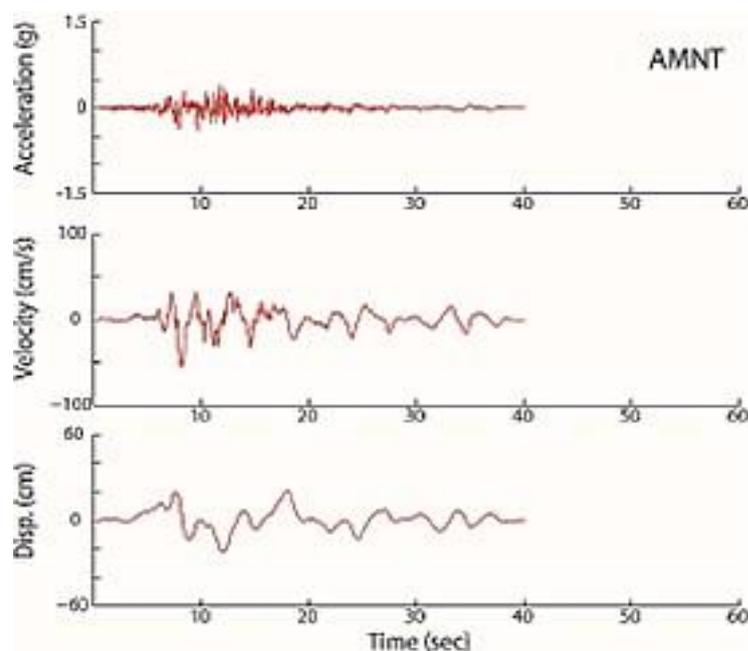


Figura 73. Acelerograma ubicado en Manta

5.5.1. Espectro de respuesta de sitio de aceleración y desplazamiento.

Luego de procesar los datos del acelerograma AMNT se obtuvo los datos necesarios para elaborar el espectro de respuesta de sitio de aceleración y desplazamiento en base a las señales captadas en la superficie de la estación acelerograma. A continuación, se mostrará en una tabla con los valores de periodo que corresponde a cada valor de aceleración y de desplazamiento registrado, de manera que con estos valores darán forma al espectro de respuesta del sitio en la ciudad de Manta.

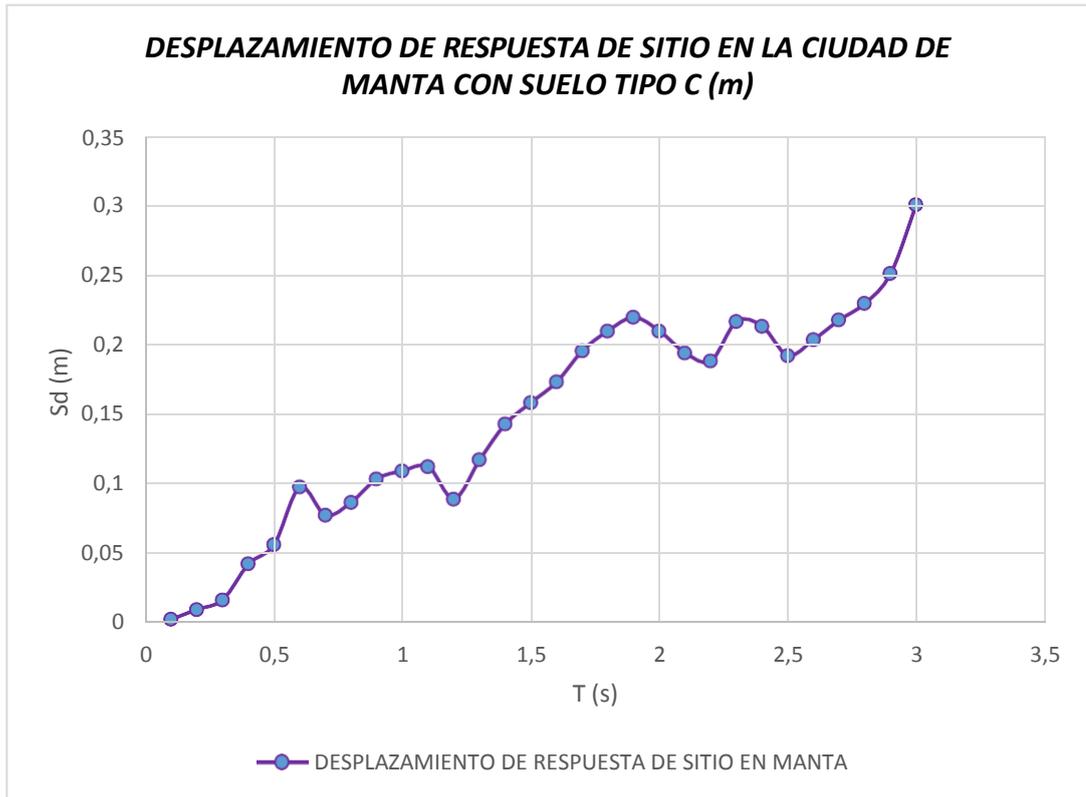


Figura 74. Desplazamiento de respuesta de sitio en la ciudad de Manta con suelo Tipo C (m)

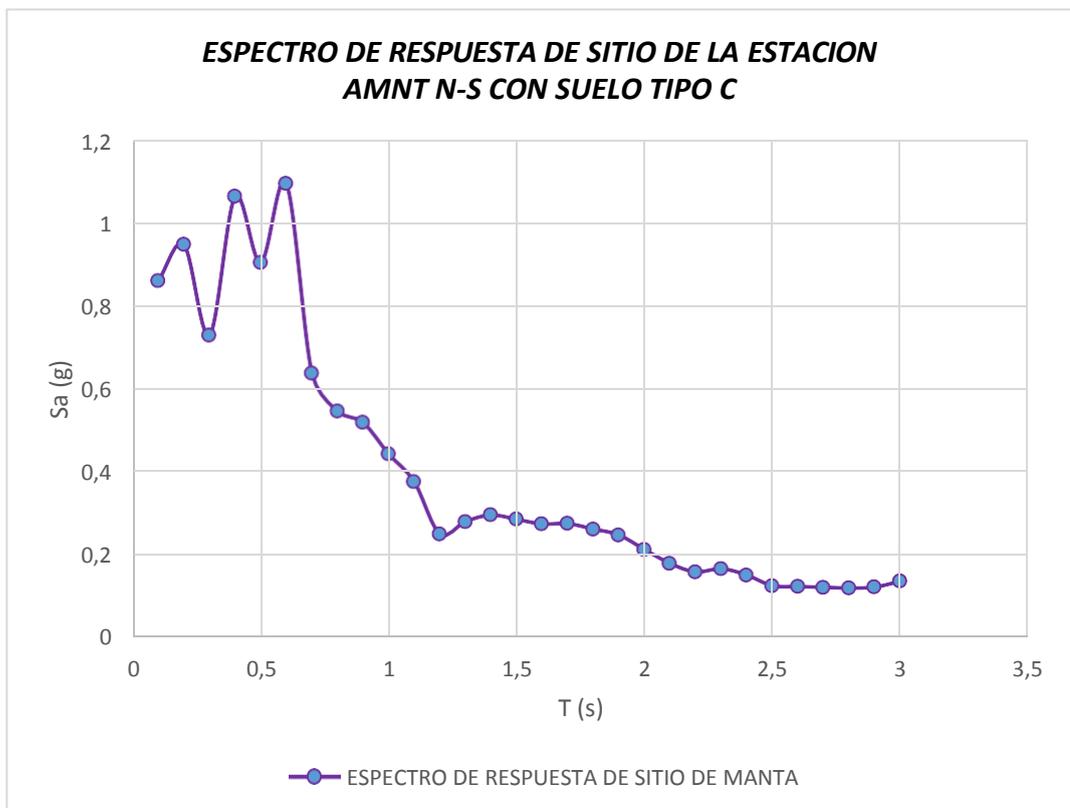


Figura 75. Espectro de respuesta de sitio de la estación AMNT N-S con suelo tipo C

5.6. Acelerograma ubicado en la ciudad de Portoviejo

En el análisis de las estructuras de ocupación especial se utilizó los datos de aceleración captados en la estación acelerográfica de la ciudad de Portoviejo (APO1) con el fin de poder relacionar los datos captados luego del evento sísmico, con las estructuras de interés que se ubican en la ciudad de Portoviejo. Con los datos provenientes del RENAC se pudo obtener la aceleración captada con el acelerograma, de manera que, aplicando los conocimientos impartidos en la Universidad Católica Santiago de Guayaquil en el curso de Ingeniería Sísmica, de manera que se logró procesar estos datos para poder construir el espectro de respuesta del sitio.

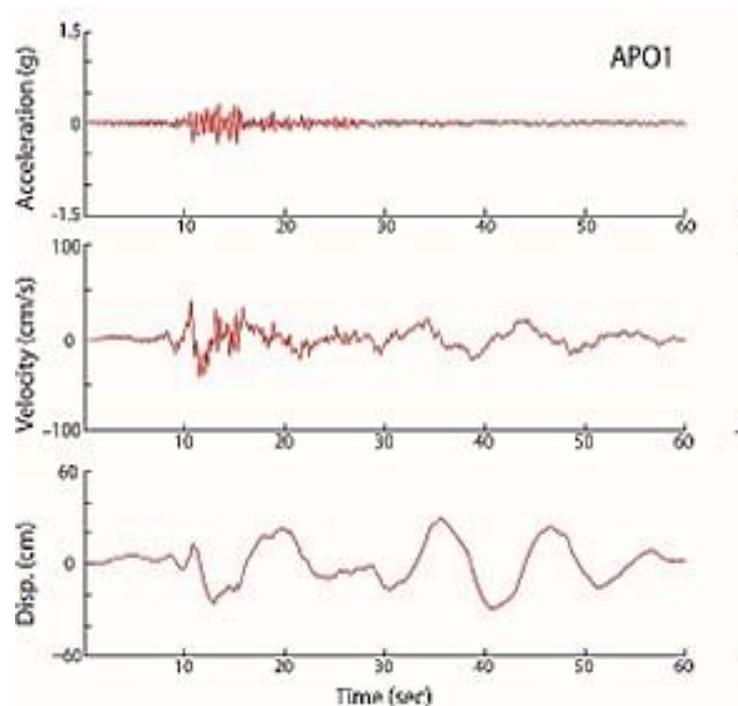


Figura 76. Acelerograma ubicado en la ciudad de Portoviejo

5.6.1. Espectro de respuesta de sitio de aceleración y desplazamiento

Luego de procesar los datos del acelerograma APO1 se obtuvo los datos necesarios para elaborar el espectro de respuesta de sitio de aceleración y desplazamiento en base a las señales captadas en la superficie de la estación acelerograma. A continuación, se mostrará en una tabla con los valores de periodo que corresponde a cada valor de aceleración y de desplazamiento registrado, de manera que con estos valores darán forma al espectro de respuesta del sitio en la ciudad de Portoviejo.



Figura 77. Desplazamiento de respuesta de sitio en la ciudad de Portoviejo con suelo tipo d (m)



Figura 78. Espectro de respuesta de sitio de la estación APO1 N-S en suelo tipo D (m)

5.7. Acelerograma ubicado en la ciudad de Chone y Bahía de Caráquez

En el análisis de las estructuras de ocupación especial se utilizó los datos de aceleración captados en la estación acelerográfica de la ciudad de Chone (ACHN), sin embargo, la ciudad de Bahía de Caráquez no cuenta con una estación acelerográfica por lo que se utiliza la estación más cercana a esta ciudad que es la estación de Chone, con el fin de poder relacionar los datos captados luego del evento sísmico, con las estructuras de interés que se ubican en la ciudad de Chone y Bahía de Caráquez . Con los datos provenientes del RENAC se pudo obtener la aceleración captada con el acelerograma, de manera que, aplicando los conocimientos impartidos en la Universidad Católica Santiago de Guayaquil en el curso de Ingeniería Sísmica, de manera que se logró procesar estos datos para poder construir el espectro de respuesta del sitio.

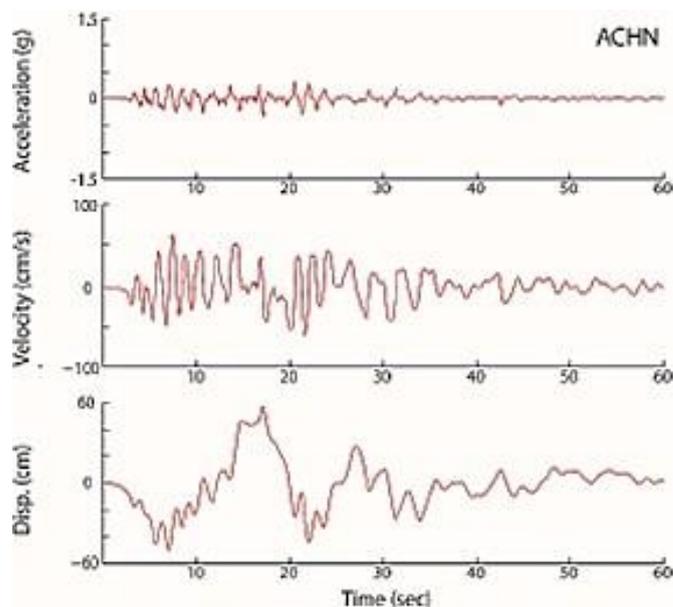


Figura 79. Acelerograma ubicado en la ciudad de Chone y Bahía de Caráquez

5.7.1. Espectro de respuesta de sitio de aceleración y desplazamiento

Luego de procesar los datos del acelerograma ACHN se obtuvo los datos necesarios para elaborar el espectro de respuesta de sitio de aceleración y desplazamiento en base a las señales captadas en la superficie de la estación acelerograma. A continuación, se mostrará en una tabla con los valores de periodo que corresponde a cada valor de aceleración y de desplazamiento registrado, de manera que con estos valores darán forma al espectro de respuesta del sitio en la ciudad de Chone y Bahía de Caráquez

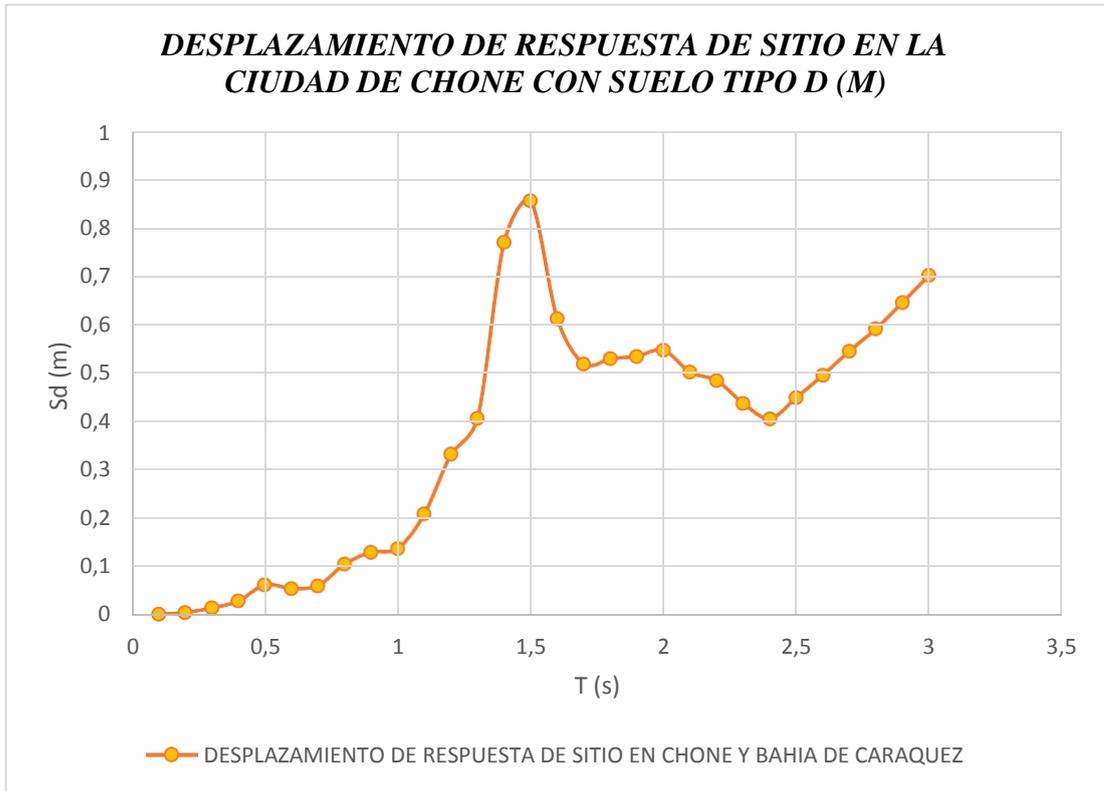


Figura 80. Desplazamiento de respuesta de sitio en la ciudad de Chone con suelo tipo d (m)



Figura 81. Espectro de respuesta de sitio de la estación ACHN N-S en suelo tipo D

5.8.Relación entre el tipo suelo de la estación del acelerograma y el tipo de suelo donde se encuentra cimentada la estructura de ocupación especial.

Para el análisis del presente trabajo de titulación es importante relacionar los espectros de respuesta de sitio formados por los acelerogramas y los espectros de respuesta de diseño según la Nec-15 debido a que esta relación mostrará el desempeño real de cada edificación dependiendo del tipo de suelo en el que se encuentra cimentado. Pero para poder relacionar los dos espectros es importante utilizar el proceso de cambio de funciones debido a que los espectros de respuesta de sitio en varias ocasiones no concuerdan con los espectros de respuesta de diseño de las estructuras. Para poder relacionar los espectros es importante saber en qué tipo de suelo se encuentra por lo que a continuación se mostrará una tabla donde se compara el tipo de suelo que se encuentra el acelerograma y la edificación que se analizaran en el presente caso de estudio.

Tabla 41 *Comparación entre el tipo de suelo de la estación y el tipo de suelo de la estructura*

N	Edificios	Ciudad	Tipo de suelo de la estación	Tipo de suelo de la estructura
1	Unidad Educativa Linus Palling	Manta	C	D
2	Unidad Educativa Santa Mariana De Jesús	Portoviejo	D	D
3	Unidad Educativa Salesiana San José	Manta	C	D
4	Universidad Laica Eloy Alfaro	Manta	C	D
5	Colegio Nacional Eloy Alfaro	Bahía de Caráquez	D	D
6	Unidad Educativa Cristo Rey	Portoviejo	D	D
7	Colegio Nacional Cinco De Junio	Manta	C	D
8	Colegio Nacional Mixto Amazonas	Chone	D	E

	Unidad Educativa			
9	Fiscomisional Juan Montalvo	Manta	C	D
10	Universidad San Gregorio De Portoviejo	Portoviejo	D	D

Nota: Elaborada por el autor

5.8.1. Cambio de funciones entre el tipo de suelo de la estación del acelerograma al tipo de suelo que se encuentra cimentada la estructura

Para poder realizar el cambio de función del espectro de respuesta de sitio según el tipo de suelo de la estructura es indispensable relacionar las variables que conforman el espectro de aceleración. En el cambio de función se utilizará los datos del espectro de respuesta de sitio del acelerograma que servirá como base para poder relacionar el tipo de suelo de la estación y el tipo de suelo de la edificación, de forma que, se pueda construir un espectro de respuesta de sitio que corresponda al mismo tipo de suelo de las estructuras seleccionadas en el presente caso de estudio. A continuación, mostraremos las variables utilizadas en el cambio de función:

- **F1: función del tipo de suelo captado por el acelerograma.**

Tabla 42 *Periodos de vibración del acelerograma*

$$\begin{array}{c}
 \hline
 \textit{Periodos de Vibración del acelerograma} \\
 \hline
 T_{O1} = 0.1 * \frac{Fd_1 * FS_1}{Fa_1} \\
 T_{C1} = 0.55 * \frac{Fd_1 * FS_1}{Fa_1} \\
 T_{l1} = 2.4 * Fd_1 \\
 \hline
 \end{array}$$

Nota: Elaborada por el autor

- **F2: función del tipo de suelo captado por el acelerograma en base al suelo de la estructura.**

Tabla 43 *Periodos de vibración del acelerograma Modificando el tipo de suelo*

Periodos de Vibración del acelerograma	
Modificando el tipo de suelo	
	$T_{O2} = 0.1 * \frac{Fd_2 * FS_2}{Fa_2}$
	$T_{C2} = 0.55 * \frac{Fd_2 * FS_2}{Fa_2}$
	$T_{l2} = 2.4 * Fd_2$

Nota: Elaborado por el autor

- To y Tc: Son periodos que limitan el rango de vibración en el espectro elástico de aceleración.
- Tl: Es el límite dentro de un rango de vibración en el espectro elástico de desplazamiento.

Luego de relacionar los valores del periodo de vibración del acelerograma se reemplaza las variables fa, fd, fs de forma que, se obtiene la relación para encontrar los valores de aceleración modificado en base a la función original captada por el acelerograma.

Tabla 44 *Relación entre el espectro del acelerograma modificado y el espectro del acelerograma original*

Relación entre el espectro del acelerograma modificado y el espectro del acelerograma original	
$0 < T < T_{O2}$	$F_2 = \frac{Fa_1}{Fa_2} * F_1$
$T_{O2} < T < T_{C2}$	$F_2 = \frac{Fa_1}{Fa_2} * F_1$
$T_{C2} < T < T_{l2}$	$F_2 = \left(\frac{Fa_1 * Fd_2 * FS_2}{Fa_2 * Fd_1 * FS_1} \right)^r * F_1$

Nota: Elaborada por el autor

5.8.2. Espectro de respuesta de sitio de la ciudad de Manta modificado



Figura 82. Desplazamiento de respuesta de sitio en la ciudad de Manta modificado para suelo tipo D (m)



Figura 83. Espectro de respuesta de sitio de la estación AMNT N-S modificado para suelo tipo D

5.8.3. Espectro modificado de la ciudad de Chone

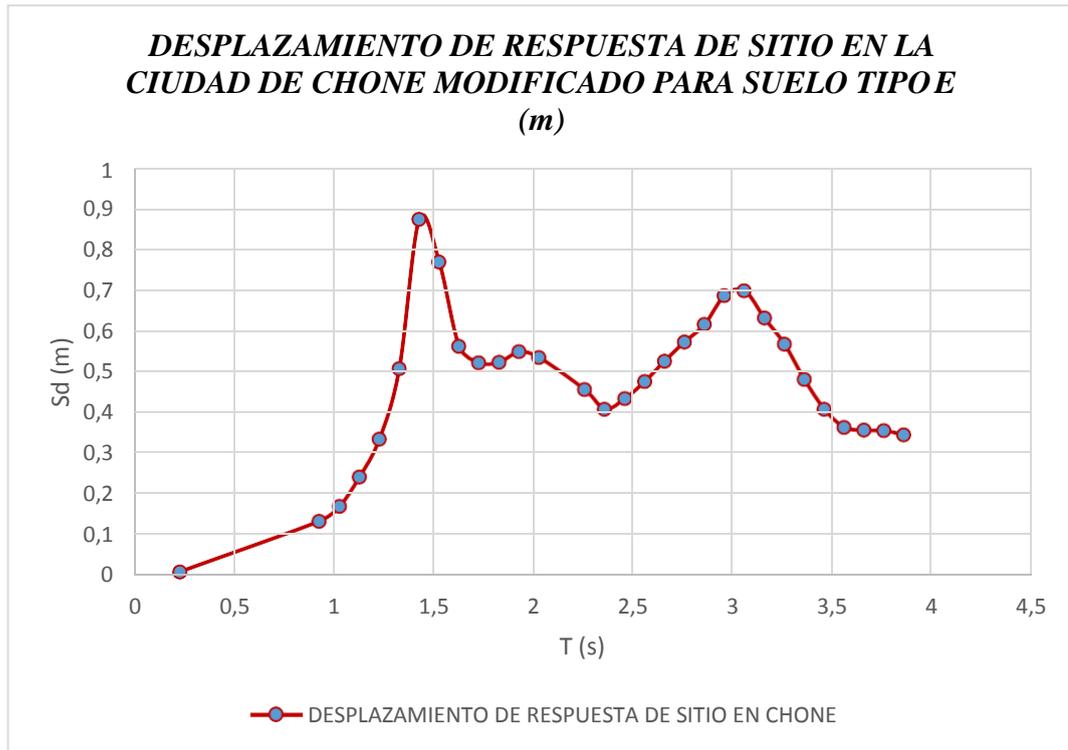


Figura 84. Espectro de respuesta de sitio en la ciudad de Chone modificado para suelo tipo E (m)



Figura 85. Espectro de respuesta de sitio de la estación ACHN N-S modificado para suelo tipo E

5.9. Unidad Educativa Linus Palling

La estructura de ocupación Especial Unidad Educativa Linus Palling, ubicada en la ciudad de Manta, se encuentra cimentada en suelo tipo D de forma que su estructura está compuesta de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras.

5.9.1. Periodo de vibración de la estructura

Para el cálculo del periodo de la estructura es importante considerar la altura del edificio y el sistema estructural de la edificación. Los datos utilizados para determinar el valor del periodo se detallarán en la tabla que se presentara a continuación.

Tabla 45 *Periodo de vibración Unidad Educativa Linus Palling*

<i>Periodo de vibración (Unidad Educativa Linus Palling)</i>	
$T = C_t * H_n^\alpha$	
Ct	0.055
A	0.9
Hn	14.73 metros
T	0.62 (seg)

Nota: Elaborado por el autor

5.9.2. Deriva inelástica

Para determinar la deriva inelástica que obtiene la estructura durante el evento sísmico es necesario obtener el periodo de la estructura debido a que con el periodo ubicaremos el desplazamiento que registra el acelerograma en el tipo de suelo que se encuentra la estructura, con el fin de aplicar el criterio de diseño para la deriva máxima de la estructura que relaciona el desplazamiento y su altura. A continuación, se muestra la tabla y el espectro de desplazamiento que contienen los datos para calcular la deriva máxima del edificio.

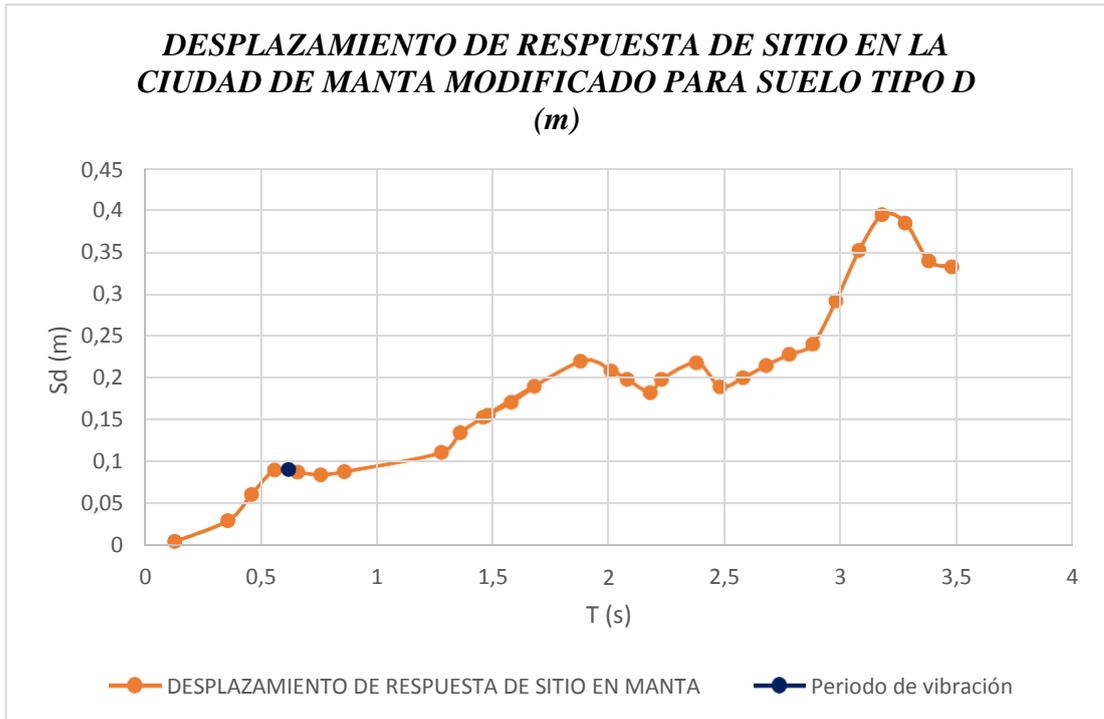


Figura 86. Desplazamiento de respuesta de sitio en la ciudad de Manta modificado para suelo tipo D (m)

Tabla 46 Deriva inelástica

<i>Deriva inelástica</i>	
$\Delta m = 0.75 * \Delta E ; \Delta E = \frac{Sd}{H}$	
Sd	0,090
ΔE	0,0061
Δm	0,0046
Verificación según Nec-15	Sí cumple

Nota: Elaborada por el autor

5.9.3. Factor de reducción de resistencia sísmica

Para determinar el factor de reducción de resistencia sísmico de la estructura es imprescindible relacionar la aceleración obtenida en el espectro de respuesta de sitio del acelerograma y la aceleración obtenida del espectro de respuesta de diseño en un sismo frecuente, de manera que con estos valores de aceleración se deberá calcular el factor de reducción efectivo con el propósito de compararlo con el factor de reducción de la Nec-15.

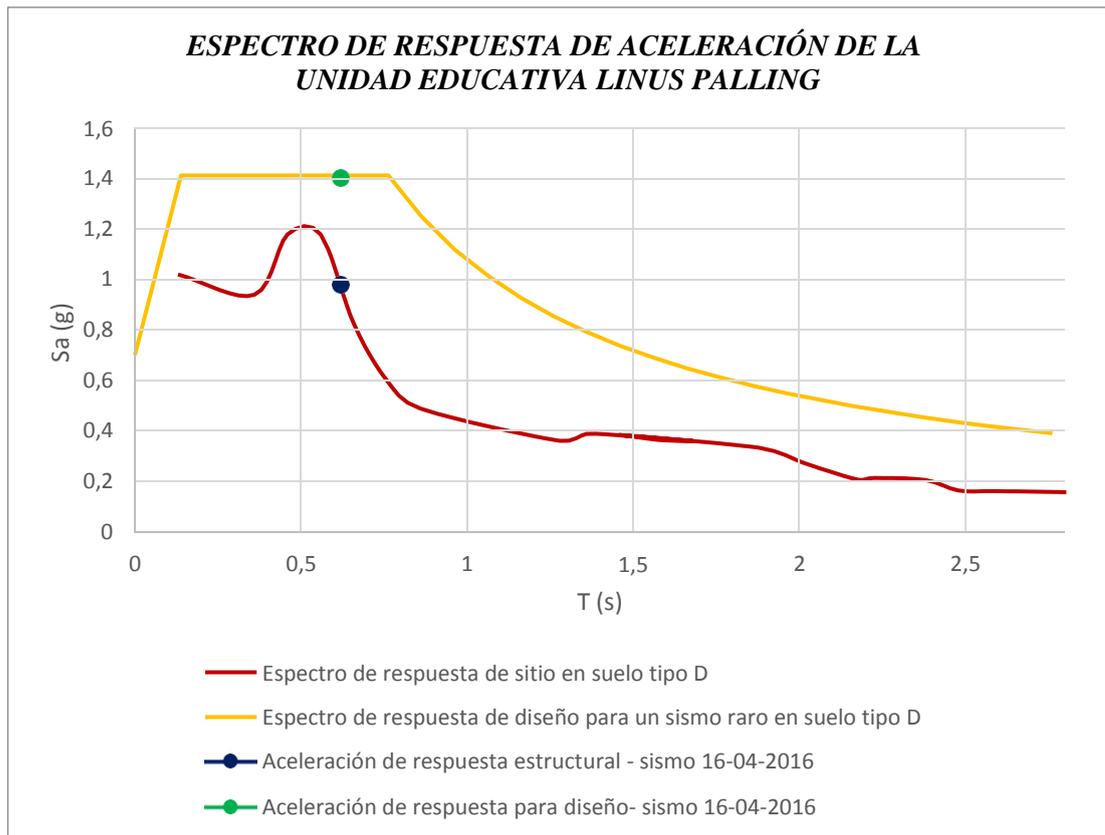


Figura 87. Espectro de respuesta de aceleración de la Unidad Educativa Linus Palling

Tabla 47 Determinación del factor de reducción efectivo – sismo 16-04-2016

Periodo de vibración de la estructura	Aceleración de respuesta estructural (g)	Aceleración de respuesta para diseño (g)	Factor de reducción efectivo	Factor de reducción máximo según Nec-15
0,62	0,98	1,40	1,43	8

Nota: Elaborado por el autor

5.9.4. Desempeño sísmico de la estructura de ocupación especial.

Para poder evaluar el desempeño sísmico de la Unidad Educativa Linus Palling es importante clasificar en qué tipo de nivel de amenaza actuó la estructura para ello se compara los espectros de respuesta de diseño en distintos niveles de amenaza sísmica con suelo tipo D y el espectro de aceleración de sitio modificado suelo tipo D, con el fin de utilizar el periodo de vibración de la estructura y poder determinar bajo qué nivel de amenaza actuó la estructura.

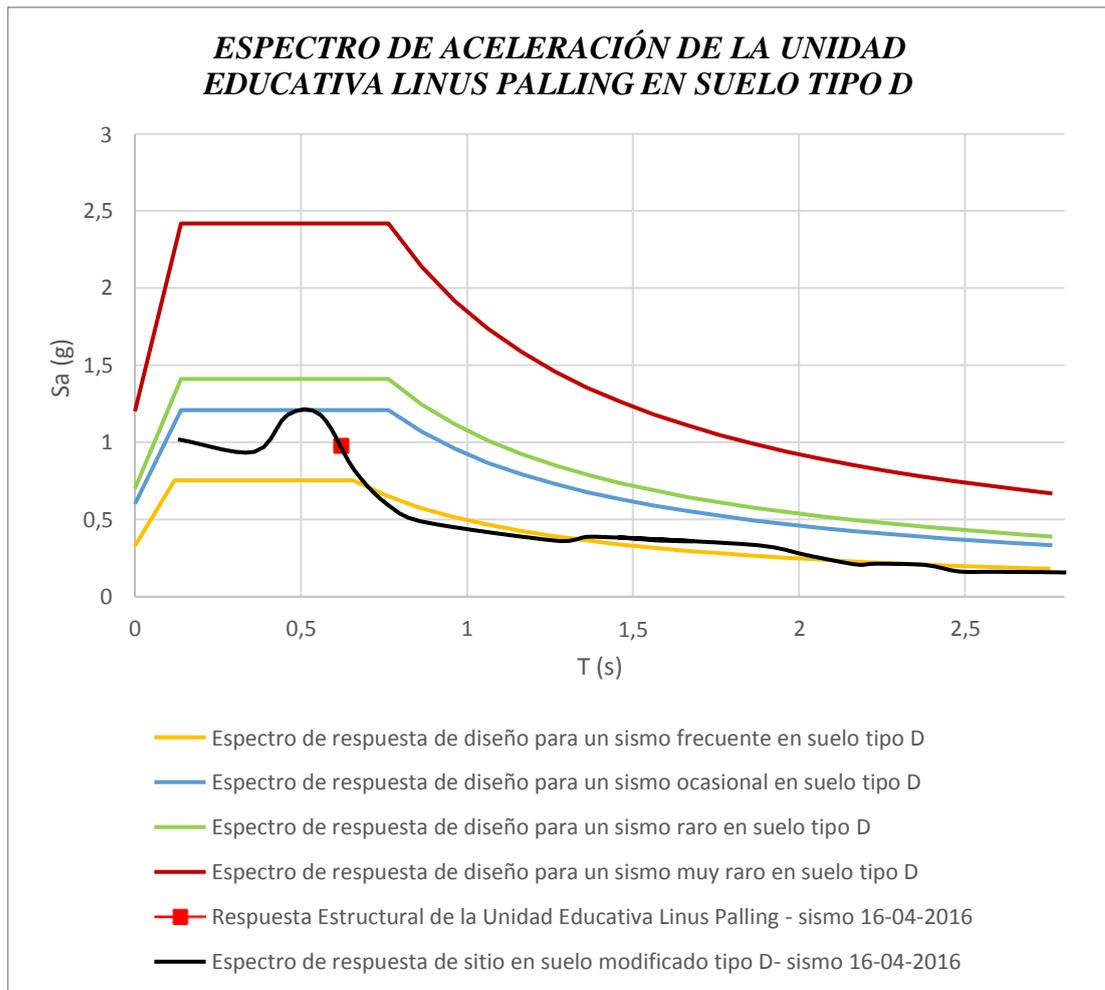


Figura 88. Respuesta estructural de la Unidad Educativa Linus Palling durante el sismo del 16-04-2016. Suelo Modificado tipo D.

- ***Daños Observados***

- Colapso del edificio más antiguo. Se observaron daños severos en los elementos estructurales, debido a la formación de rotulas plásticas en las columnas, vigas y además la estructura sufrió problemas con el adosamiento de las otras estructuras.

- **Causas de los daños**

- Gran parte de los daños fueron ocasionados por la falta de criterios de diseño sismorresistente, de forma que se puede intuir que esta edificación fue construida sin un profesional calificado.
- Falta de ductilidad en los elementos estructurales.
- Mala calidad en los elementos utilizados para la construcción de la estructura.

- *Nivel de Amenaza Sísmica*
 - Con el espectro de aceleración visto anteriormente se puede afirmar que la Unidad Educativa Linus Palling actuó en un nivel de amenaza sísmica entre frecuente y ocasional.
- *Desempeño de la estructura*
 - En el capítulo de recopilación de información se puede que el edificio queda fuera de operación durante un periodo de tiempo debido a que el edificio más antiguo colapsó.
 - El diseño según Nec-15 especifica que una estructura de ocupación especial que actúa en un nivel de amenaza sísmica ocasional deberá cumplir con la prevención de daños estructurales graves y controlar los daños de elementos no estructurales luego de terremotos moderados y poco frecuentes según (NEC-SE-DS, 4.2.1), sin embargo, con lo observado se puede concluir que esta edificación no cumplió con el nivel de desempeño esperado en una estructura de ocupación especial bajo un nivel de amenaza ocasional.

5.10. Unidad Educativa Santa Mariana De Jesús

La estructura de ocupación especial Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús, ubicada en la ciudad de Portoviejo, se encuentra cimentada en suelo tipo D de forma que su estructura está compuesta de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras.

5.10.1. Periodo de vibración de la estructura

Para el cálculo del periodo de la estructura es importante considerar la altura del edificio y el sistema estructural de la edificación. Los datos utilizados para determinar el valor del periodo se detallarán en la tabla que se presentara a continuación.

Tabla 48 *Periodo de vibración Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús*

<i>Periodo de vibración (Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús)</i>	
$T = C_t * H_n^\alpha$	
Ct	0.055
A	0.9
Hn	12.48 metros
T	0.53 (seg)

Nota: Elaborada por el autor

5.10.2. Deriva inelástica

Para determinar la deriva inelástica que obtiene la estructura durante el evento sísmico es necesario obtener el periodo de la estructura debido a que con el periodo ubicaremos el desplazamiento que registra el acelerograma en el tipo de suelo que se encuentra la estructura, con el fin de aplicar el criterio de diseño para la deriva máxima de la estructura que relaciona el desplazamiento y su altura. A continuación, se muestra la tabla y el espectro de desplazamiento que contienen los datos para calcular la deriva máxima del edificio.

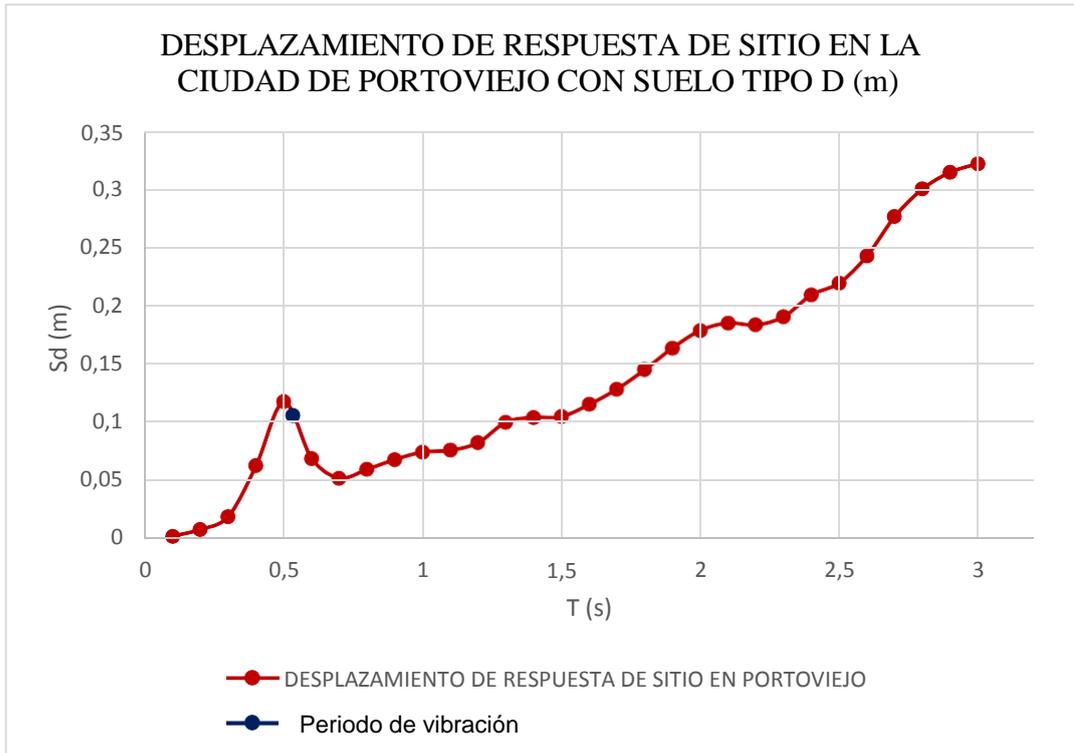


Figura 89. Desplazamiento de respuesta de sitio en la ciudad de Portoviejo con suelo tipo D (m)

Tabla 49 Deriva inelástica de la Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús

<i>Deriva inelástica</i>	
$\Delta m = 0.75 * \Delta E ; \Delta E = \frac{Sd}{H}$	
Sd	0,105
ΔE	0,0084
Δm	0,0063
Verificación según Nec-15	Sí cumple

Nota: Elaborada por el autor

5.10.3. Factor de reducción de resistencia sísmica

Para determinar el factor de reducción de resistencia sísmico de la estructura es imprescindible relacionar la aceleración obtenida en el espectro de respuesta de sitio del acelerograma y la aceleración obtenida del espectro de respuesta de diseño en un sismo frecuente, de manera que con estos valores de aceleración se deberá calcular el factor de reducción efectivo con el propósito de compararlo con el factor de reducción de la Nec-15.



Figura 90. Espectro de respuesta de aceleración Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús

Tabla 50 Determinación del factor de reducción efectivo – sismo 16-04-2016

Periodo de vibración de la estructura	Aceleración de respuesta estructural (g)	Aceleración de respuesta para diseño (g)	Factor de Reducción efectivo	Factor de reducción máximo según Nec-15
0,53	1,64	1,4	0,85	8

Nota: Elaborado por el autor

5.10.4. Desempeño sísmico de la estructura de ocupación especial.

Para poder evaluar el desempeño sísmico de la Unidad Educativa Santa Mariana De Jesús, es importante clasificar en qué tipo de nivel de amenaza actuó la estructura para ello se compara los espectros de respuesta de diseño en distintos niveles de amenaza sísmica con suelo tipo D y el espectro de aceleración de sitio con suelo tipo D, con el fin de utilizar el periodo de vibración de la estructura y poder determinar bajo qué nivel de amenaza actúa la estructura.

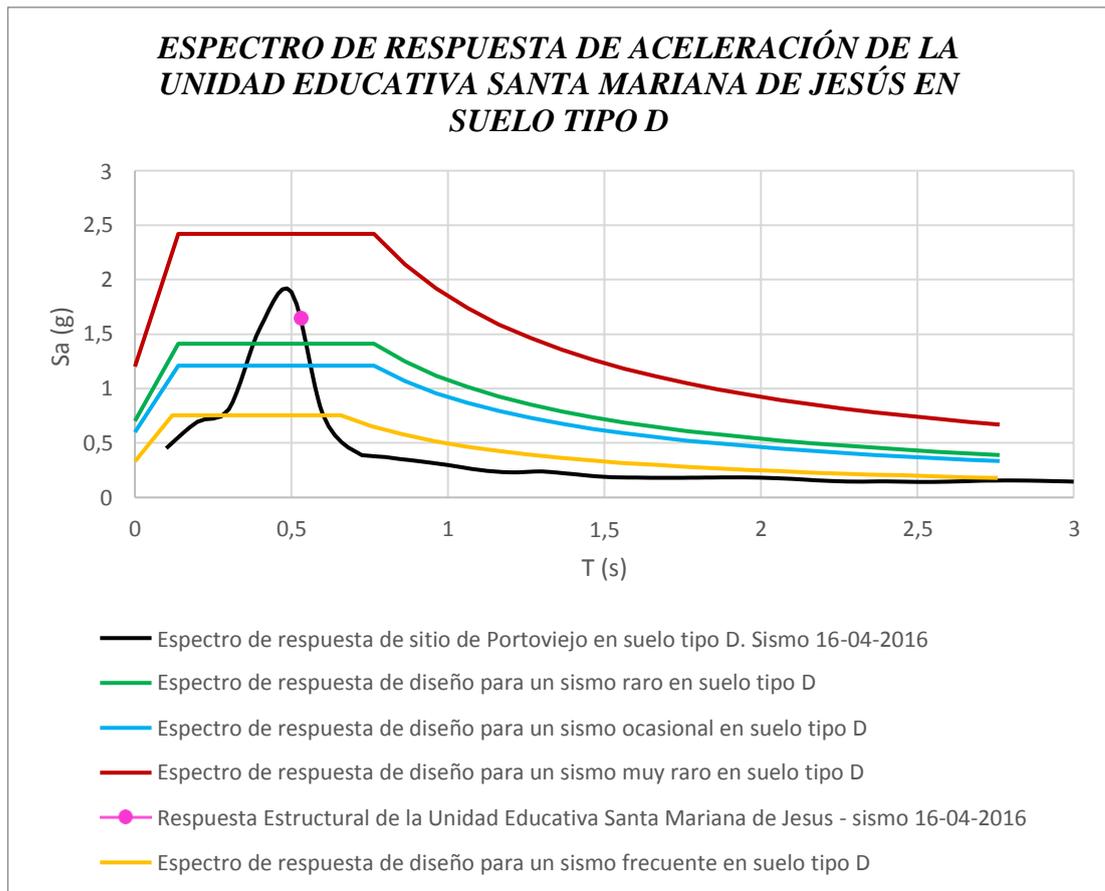


Figura 91. Respuesta estructural de la Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús durante el sismo del 16-04-2016. Suelo tipo D.

- ***Daños Observados***

- Después del sismo se observó que esta unidad educativa sufrió daños en su fachada en la zona de la entrada principal, debido a que solo sufrió daños en la mampostería que rodeaban las columnas se puede interpretar que los elementos estructurales están bien y no sufrieron daños.

- ***Causas de los daños***

- Gran parte de los daños son ocasionado por el desprendimiento de la mampostería que no forma parte del diseño estructural, otra causa sería debido el incremento de elementos no estructurales no previsto en el diseño aumentando los daños en la fachada.
- Mala calidad en los elementos utilizados para la construcción de la fachada de la estructura.

- ***Nivel de Amenaza Sísmica***
 - Con el espectro de aceleración visto anteriormente se clasificó que la Unidad Educativa Santa Mariana De Jesús actuó entre un nivel de amenaza sísmica raro y muy raro.
- ***Desempeño de la estructura***
 - En el capítulo de recopilación de información se puede observar que el edificio queda fuera de operación durante un corto periodo de tiempo debido a que se inspeccionaron los daños producidos en el sismo.
 - El diseño según Nec-15 especifica que una estructura de ocupación especial que actúa en un nivel de amenaza sísmica muy raro no debería colapsar, pero podría admitirse daño en un nivel de amenaza sísmica raro (NEC-SE-DS, 4.3.4). Con lo observado se puede concluir que esta edificación tuvo un desempeño sísmico adecuado debido a que no colapso, pero si sufrió daños menores bajo un nivel de amenaza sísmica entre raro y muy raro.

5.11. Unidad Educativa Salesiana San José

La estructura de ocupación especial Unidad Educativa Salesiana San José, ubicada en la ciudad de Manta, se encontraba cimentada en suelo tipo D de forma que su estructura estaba compuesta de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras.

5.11.1. Periodo de vibración de la estructura

Para el cálculo del periodo de la estructura es importante considerar la altura del edificio y el sistema estructural de la edificación. Los datos utilizados para determinar el valor del periodo se detallarán en la tabla que se presentara a continuación.

Tabla 51 *Periodo de vibración Unidad Educativa Salesiana San José*

<i>Periodo de vibración (Unidad Educativa Salesiana San José)</i>	
$T = C_t * H_n^\alpha$	
Ct	0.055
A	0.9
Hn	18.35 metros
T	0.754 (seg)

Nota: Elaborada por el autor

5.11.2. Deriva inelástica

Para determinar la deriva inelástica que obtiene la estructura durante el evento sísmico es necesario obtener el periodo de vibración de la estructura debido a que con el periodo ubicaremos el desplazamiento que registra el acelerograma en el tipo de suelo que se encuentra la estructura, con el fin de aplicar el criterio de diseño para la deriva máxima de la estructura que relaciona el desplazamiento y su altura. A continuación, se muestra la tabla y el espectro de desplazamiento que contienen los datos para calcular la deriva máxima del edificio.

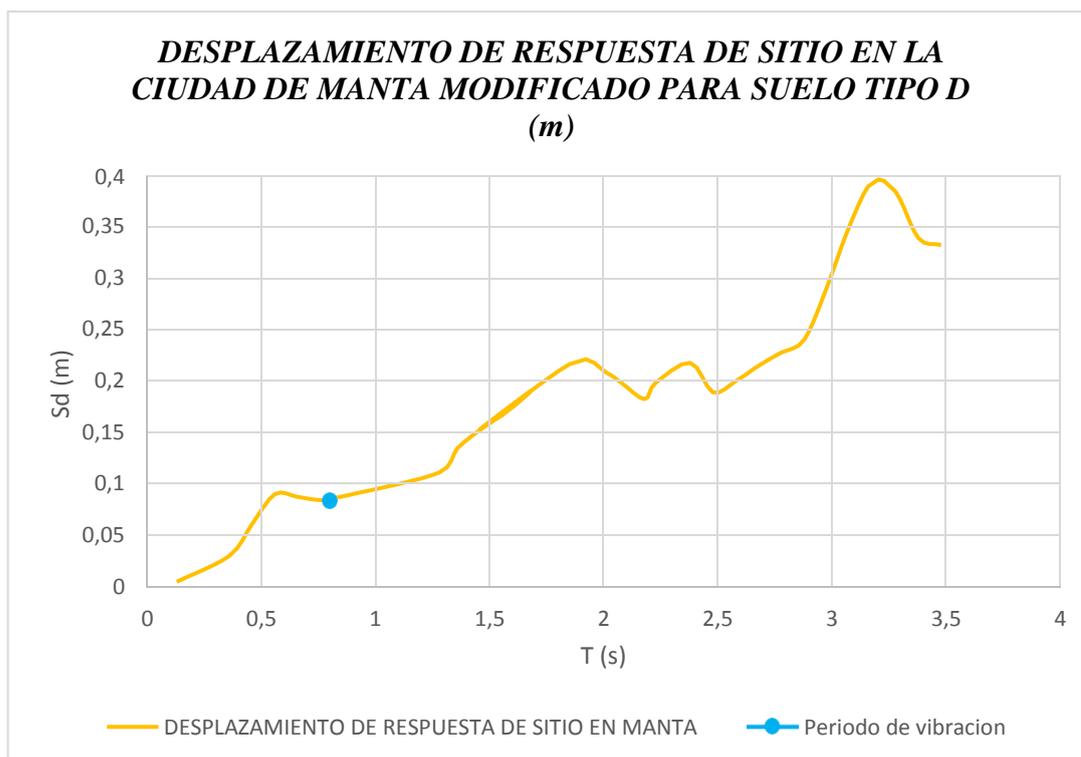


Figura 92. Desplazamiento de respuesta de sitio en la ciudad de Manta modificado con suelo tipo D (m)

Tabla 52 Deriva inelástica de la Unidad Educativa Salesiana San José

<i>Deriva inelástica</i>	
$\Delta m = 0.75 * \Delta E ; \Delta E = \frac{Sd}{H}$	
Sd	0,083
ΔE	0,0042
Δm	0,0032
Verificación según Nec-15 Sí cumple	

Nota: Elaborada por el autor

5.11.3. Factor de reducción de resistencia sísmica

Para determinar el factor de reducción de resistencia sísmico de la estructura es imprescindible relacionar la aceleración obtenida en el espectro de respuesta de sitio del acelerograma y la aceleración obtenida del espectro de respuesta de diseño en un sismo frecuente, de manera que con estos valores de aceleración se deberá calcular el factor de reducción efectivo con el propósito de compararlo con el factor de reducción de la Nec-15.

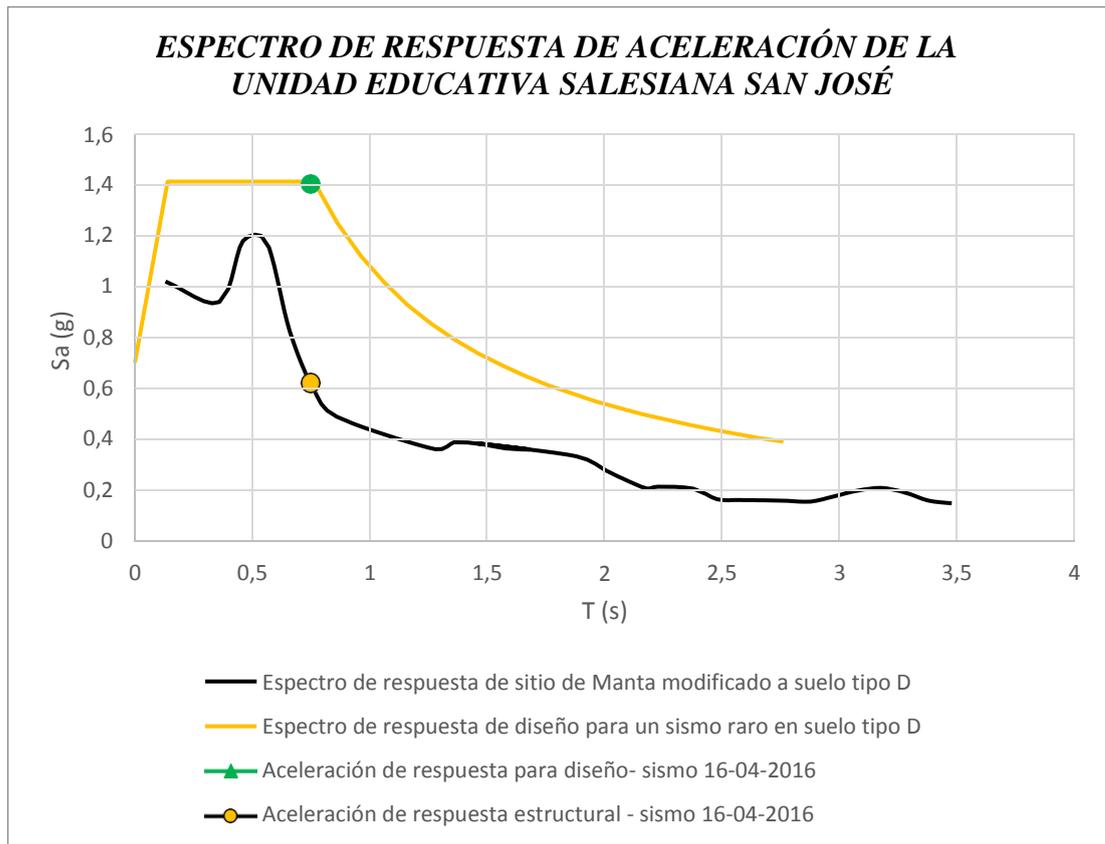


Figura 93. Espectro de respuesta de aceleración Unidad Educativa Salesiana San José

Tabla 53 Determinación del factor de reducción efectivo – sismo 16-04-2016

Periodo de vibración de la estructura	Aceleración de respuesta estructural (g)	Aceleración de respuesta para diseño (g)	Factor de Reducción efectivo	Factor de reducción máximo según Nec-15
0,75	0,62	1,40	2,26	8

Nota: Elaborado por el autor

5.11.4. Desempeño sísmico de la estructura de ocupación especial.

Para poder evaluar el desempeño sísmico de la Unidad Educativa Salesiana San José es importante clasificar en qué tipo de nivel de amenaza actuó la estructura para ello se compara los espectros de respuesta de diseño en distintos niveles de amenaza sísmica con suelo tipo D y el espectro de aceleración de sitio modificado en suelo tipo D, con el fin de utilizar el periodo de vibración de la estructura y poder determinar bajo qué nivel de amenaza actúa la estructura.

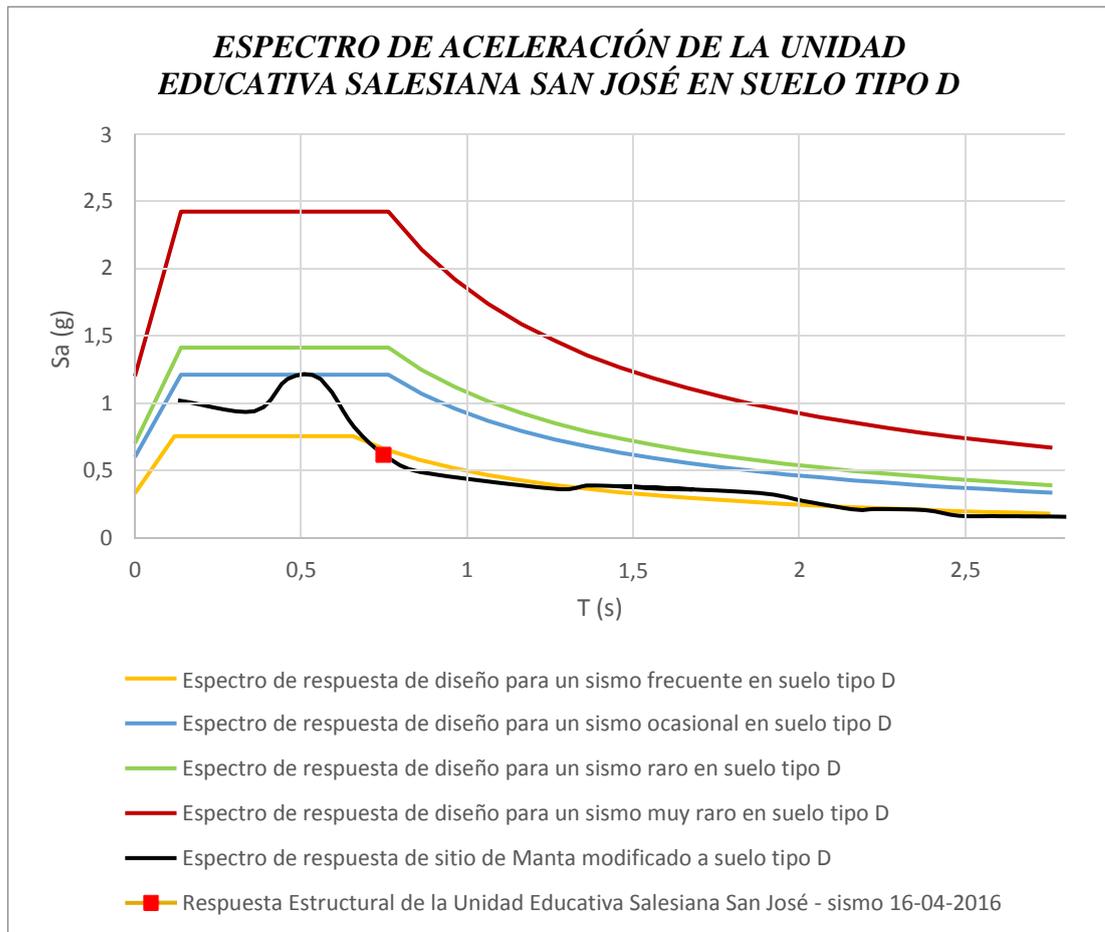


Figura 94. Respuesta estructural de la Unidad Educativa Salesiana San después del sismo del 16-04-2016. Suelo tipo D.

- ***Daños Observados***

- Se observaron daños severos en los elementos estructurales, debido a la formación de rotulas plásticas en las columnas, vigas en la parte central del edificio donde se ubicaban las escaleras que dan acceso a los pisos. Además se observó daños en la mampostería y en otros elementos no estructurales.

- **Causas de los daños**

- Gran parte de los daños fueron ocasionados por la falta de criterios de diseños bajo la Normativa que existía en la fecha en que se construyó la estructura.
- Falta de ductilidad en los elementos estructurales.
- Mala calidad en los elementos utilizados para la construcción de la estructura
- Incremento de elementos no estructurales no previsto en el diseño.

- *Nivel de Amenaza Sísmica*

- Con el espectro de aceleración visto anteriormente se clasificó que la Unidad Educativa Salesiana San José actuó bajo un nivel de amenaza sísmica frecuente.

- *Desempeño de la estructura*

- En el capítulo de recopilación de información se puede observar que el edificio colapsa en la zona central por lo que queda fuera de operación hasta el proceso de demolición y reconstrucción.
- El diseño según Nec-15 especifica que una estructura de ocupación especial que actúa en un nivel de amenaza sísmica frecuente deberá cumplir con la Prevención daños en elementos no estructurales y estructurales, ante terremotos pequeños y frecuentes, según lo estipulado en (NEC-SE-DS, 4.2.1). Con lo observado en la estructura se puede concluir que esta edificación no cumplió con el desempeño esperado para un sismo frecuente.

5.12. Universidad Laica Eloy Alfaro

La estructura de ocupación especial Universidad Laica Eloy Alfaro, ubicada en la ciudad de Manta, se encuentra cimentada en suelo tipo D de forma que su estructura está compuesta de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras.

5.12.1. Periodo de vibración de la estructura

Para el cálculo del periodo de la estructura es importante considerar la altura del edificio y el sistema estructural de la edificación. Los datos utilizados para determinar el valor del periodo se detallarán en la tabla que se presentara a continuación.

Tabla 54 *Periodo de vibración Universidad Laica Eloy Alfaro*

<i>Periodo de vibración (Universidad Laica Eloy Alfaro)</i>	
$T = C_t * H_n^\alpha$	
Ct	0.055
A	0.9
Hn	7.48 metros
T	0.336 (seg)

Nota: Elaborado por el autor

5.12.2. Deriva inelástica

Para determinar la deriva inelástica que obtiene la estructura durante el evento sísmico es necesario obtener el periodo de la estructura debido a que con el periodo ubicaremos el desplazamiento que registra el acelerograma en el tipo de suelo que se encuentra la estructura, con el fin de aplicar el criterio de diseño para la deriva máxima de la estructura que relaciona el desplazamiento y su altura. A continuación, se muestra la tabla y el espectro de desplazamiento que contienen los datos para calcular la deriva máxima del edificio.

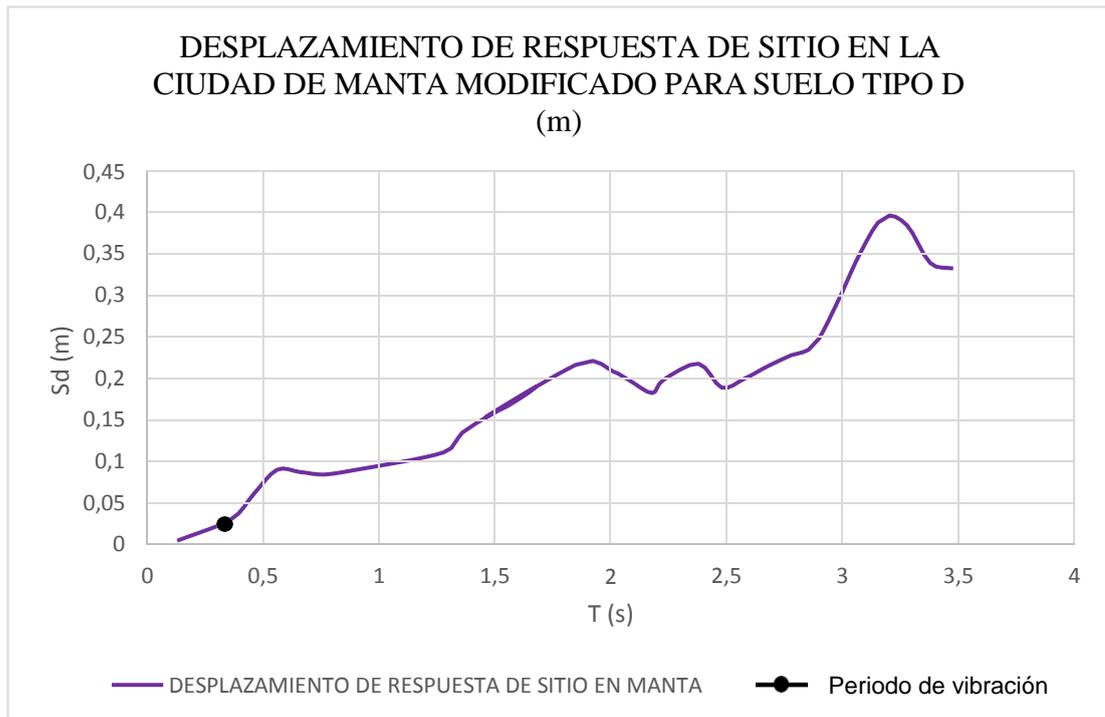


Figura 95. Desplazamiento de Respuesta de sitio en la ciudad de Manta modificado para suelo tipo D (m)

Tabla 55 *Deriva inelástica de la Universidad Laica Eloy Alfaro*

<i>Deriva inelástica</i>	
$\Delta m = 0.75 * \Delta E$;	$\Delta E = \frac{Sd}{H}$
Sd	0,024
ΔE	0,0032
Δm	0,0024
Verificación según Nec-15	Sí cumple

Nota: Elaborado por el autor

5.12.3. Factor de reducción de resistencia sísmica

Para determinar el factor de reducción de resistencia sísmico de la estructura es imprescindible relacionar la aceleración obtenida en el espectro de repuesta de sitio del acelerograma y la aceleración obtenida del espectro de respuesta de diseño en un sismo frecuente, de manera que con estos valores de aceleración se deberá calcular el factor de reducción efectivo con el propósito de compararlo con el factor de reducción de la Nec-15.

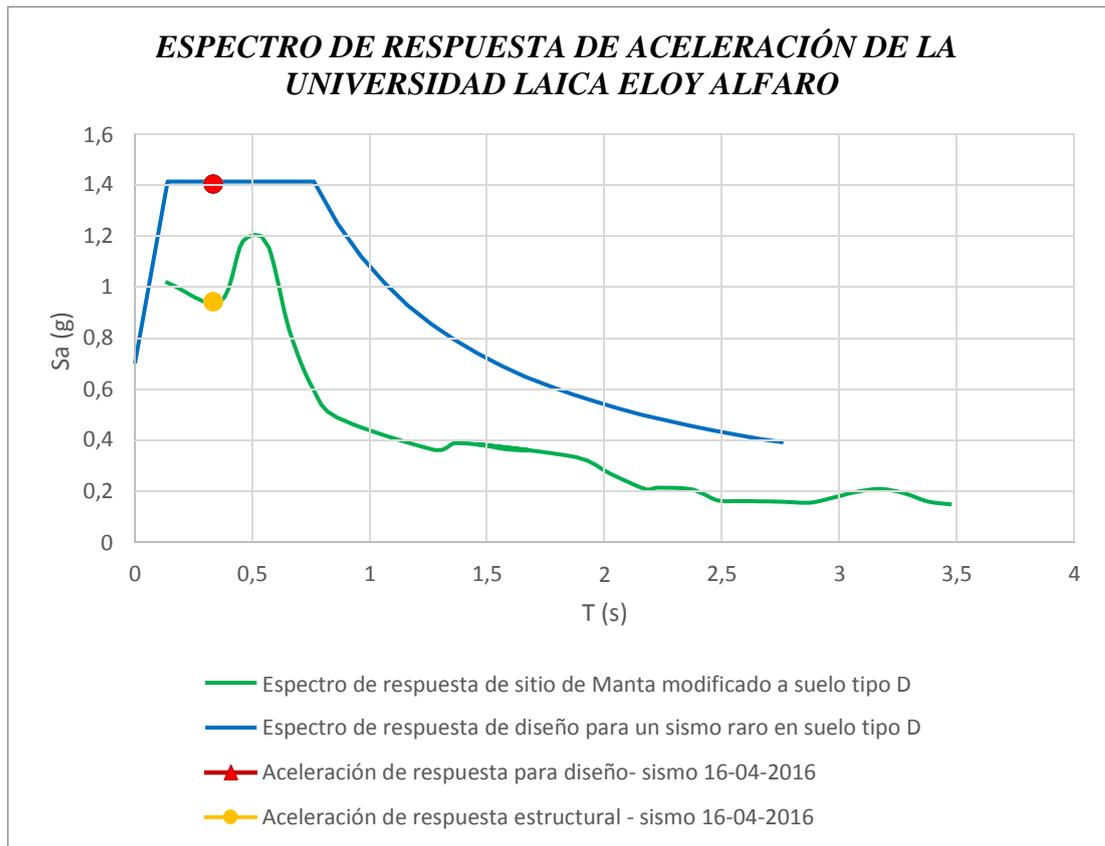


Figura 96. Espectro de respuesta de aceleración Universidad Laica Eloy Alfaro

Tabla 56 Determinación del factor de reducción efectivo – sismo 16-04-2016

Periodo de vibración de la estructura	Aceleración de respuesta estructural (g)	Aceleración de respuesta para diseño (g)	Factor de Reducción efectivo	Factor de reducción máximo según Nec-15
0,336	0,94	1,40	1,49	8

Nota: Elaborado por el autor

5.12.4. Desempeño sísmico de la estructura de ocupación especial.

Para poder evaluar el desempeño sísmico de la Universidad Laica Eloy Alfaro, es importante clasificar en que tipo de nivel de amenaza actuó la estructura para ello se compara los espectros de respuesta de diseño en distintos niveles de amenaza sísmica con suelo tipo D y el espectro de aceleración de sitio modificado en suelo tipo D, con el fin de utilizar el periodo de vibración de la estructura y poder determinar bajo qué nivel de amenaza actúa la estructura.

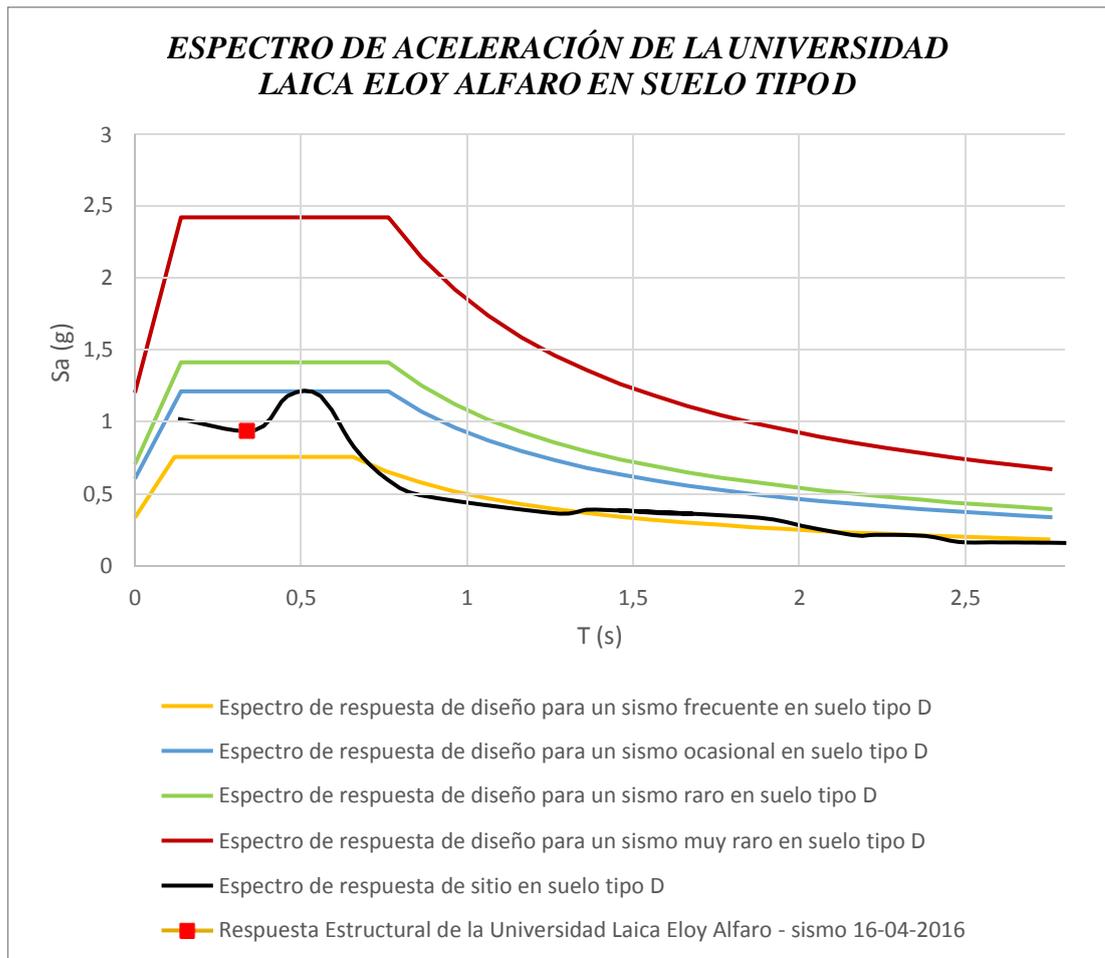


Figura 97. Respuesta estructural de la Universidad Laica Eloy Alfaro después del sismo del 16-04-2016. Suelo tipo D.

- ***Daños Observados***

- Colapso del edificio de administración estudiantil que tenía más de 10 años.
- Se observó daños severos en los elementos estructurales, debido a la formación de rotulas plásticas en las columnas, vigas y además se observó daños en los elementos no estructurales.

- ***Causas de los daños***

- Gran parte de los daños del edificio de administración estudiantil es ocasionado por la falta de criterios de diseños de la norma que existía en el tiempo que se construyó el edificio.
- Falta de ductilidad en los elementos estructurales.
- Mala calidad en los elementos utilizados para la construcción de la estructura
- No se consideró la mampostería como parte del diseño.

- *Nivel de Amenaza Sísmica*
 - Con el espectro de aceleración visto anteriormente se determinó que la Universidad Laica Eloy Alfaro actuó entre un nivel de amenaza sísmica frecuente y ocasional.
- *Desempeño de la estructura*
 - En el capítulo de recopilación de información se observó que el edificio quedó fuera de operación hasta la actualidad sin oportunidad de reconstruir.
 - El diseño según Nec-15 especifica que una estructura de ocupación especial que actúa en un nivel de amenaza sísmica ocasional deberá cumplir con la prevención de daños estructurales graves y controlar los daños de elementos no estructurales luego de terremotos moderados y poco frecuentes según (NEC-SE-DS, 4.2.1). Con lo observado se puede concluir que esta edificación no cumplió con el nivel de desempeño esperado en una estructura de ocupación especial bajo un nivel de amenaza ocasional.

5.13. Colegio Nacional Eloy Alfaro

La estructura de ocupación especial Colegio Nacional Eloy Alfaro, ubicada en la ciudad de Bahía de Caráquez, se encuentra cimentada en suelo tipo D de forma que su estructura está compuesta de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras.

5.13.1. Periodo de vibración de la estructura

Para el cálculo del periodo de la estructura es importante considerar la altura del edificio y el sistema estructural de la edificación. Los datos utilizados para determinar el valor del periodo se detallarán en la tabla que se presentara a continuación.

Tabla 57 *Periodo de vibración Colegio Nacional Eloy Alfaro*

<i>Periodo de vibración (Colegio Nacional Eloy Alfaro)</i>	
$T = C_t * H_n^\alpha$	
Ct	0,055
A	0,9
Hn	13,72
T	0,581

Nota: Elaborado por el autor

5.13.2. Deriva inelástica

Para determinar la deriva inelástica que obtiene la estructura durante el evento sísmico es necesario obtener el periodo de la estructura debido a que con el periodo ubicaremos el desplazamiento que registra el acelerograma sin embargo, para este caso debido a que Bahía de Caráquez no cuenta con un acelerograma usare los datos de la ciudad de Chone y se relacionará con el tipo de suelo que se encuentra la estructura, con el fin de aplicar el criterio de diseño para la deriva máxima de la estructura que relaciona el desplazamiento y su altura. A continuación, se muestra la tabla y el espectro de desplazamiento que contienen los datos para calcular la deriva máxima del edificio.



Figura 98. Desplazamiento de Respuesta de sitio en la ciudad de Chone con suelo tipo D (m)

Tabla 58 Deriva inelástica del Colegio Nacional Eloy Alfaro

<i>Deriva inelástica</i>	
$\Delta m = 0.75 * \Delta E$	$\Delta E = \frac{Sd}{H}$
Sd	0,055
ΔE	0,0040
Δm	0,0030
Verificación según Nec-15 Sí cumple	

Nota: Elaborada por el autor

5.13.3. Factor de reducción de resistencia sísmica

Para determinar el factor de reducción de resistencia sísmico de la estructura es imprescindible relacionar la aceleración obtenida en el espectro de repuesta de sitio del acelerograma y la aceleración obtenida del espectro de respuesta de diseño en un sismo frecuente, de manera que con estos valores de aceleración se deberá calcular el factor de reducción efectivo con el propósito de compararlo con el factor de reducción de la Nec-15.

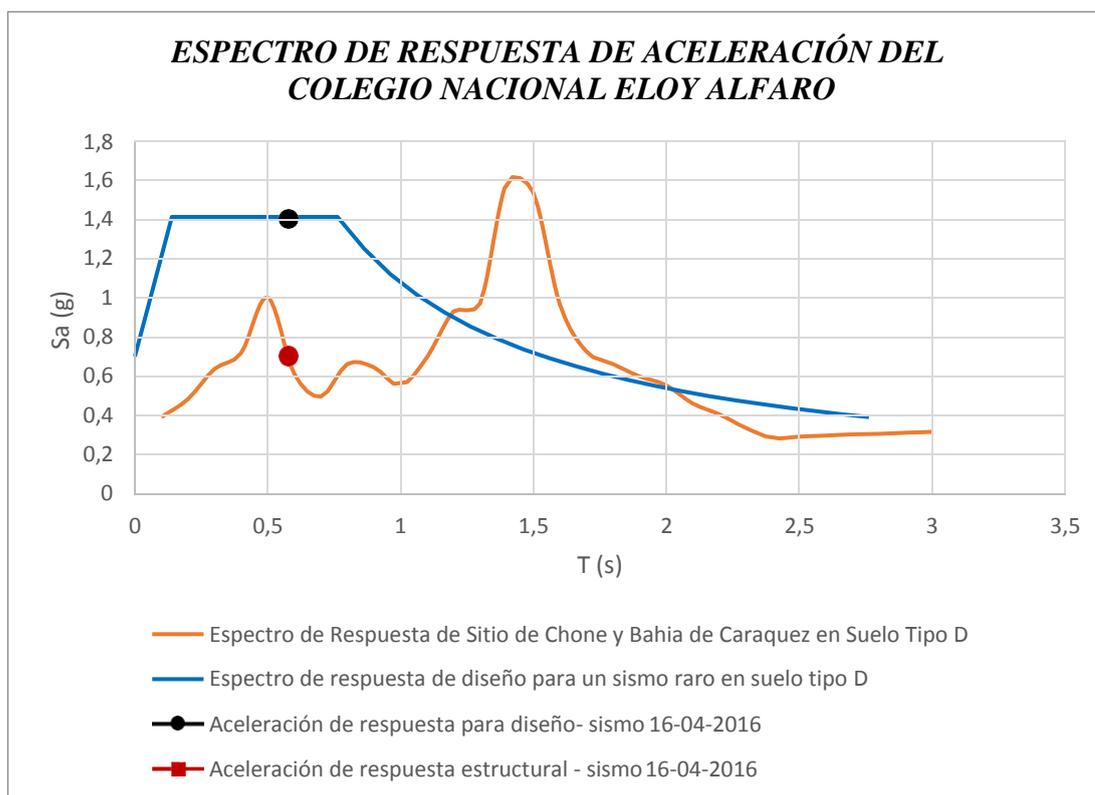


Figura 99. Espectro de respuesta de aceleración del Colegio Nacional Eloy Alfaro

Tabla 59 Determinación del factor de reducción efectivo – sismo 16-04-2016

Periodo de vibración de la estructura	Aceleración de respuesta estructural (g)	Aceleración de respuesta para diseño (g)	Factor de Reducción efectivo	Factor de reducción máximo según Nec-15
0,581	0,7	1,40	2,00	8

Nota: Elaborado por el autor

5.13.4. Desempeño sísmico de la estructura de ocupación especial.

Para poder evaluar el desempeño sísmico de la Unidad Educativa Linus Palling es importante clasificar en qué tipo de nivel de amenaza actuó la estructura para ello se compara los espectros de respuesta de diseño en distintos niveles de amenaza sísmica con suelo tipo D y el espectro de aceleración de sitio en suelo tipo D, con el fin de utilizar el periodo de vibración de la estructura y poder determinar bajo qué nivel de amenaza actúa la estructura.

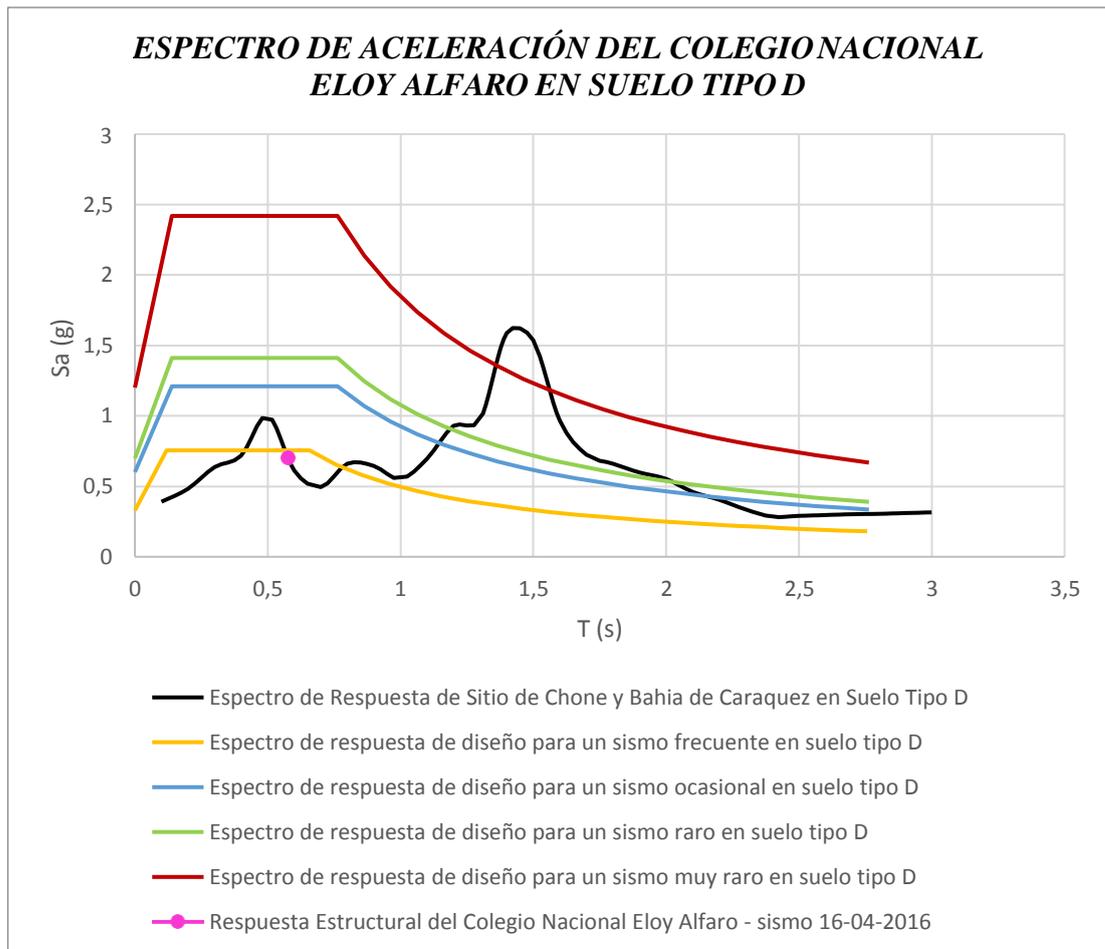


Figura 100. Respuesta estructural del Colegio Nacional Eloy Alfaro después del sismo del 16-04-2016. Suelo tipo D.

- ***Daños Observados***

- Colapso de toda la mampostería del edificio.
- Se observó daños severos en los elementos no estructurales además la estructura sufrió problemas con el adosamiento de los edificios que rodeaban la institución.

- **Causas de los daños**

- Gran parte de los daños es ocasionado por la falta de criterios de diseños bajo la Nec-15 de forma que se puede intuir que esta edificación fue construida sin el profesional calificado.
- Mala calidad en los elementos utilizados para la construcción de la estructura
- Incremento de elementos no estructurales no previsto en el diseño.

- ***Nivel de Amenaza Sísmica***
 - Con el espectro de aceleración visto anteriormente se determinó que el Colegio Nacional Eloy Alfaro actuó bajo un nivel de amenaza sísmica frecuente.
- ***Desempeño de la estructura***
 - En el capítulo de recopilación de información se observó que el edificio queda fuera de operación durante un periodo de tiempo debido a que colapso gran parte de su mampostería que conformaban las paredes que dividían los cursos.
 - El diseño según Nec-15 especifica que una estructura de ocupación especial que actúa en un nivel de amenaza sísmica frecuente deberá cumplir con la Prevención de daños en elementos no estructurales y estructurales, ante terremotos pequeños y frecuentes, según lo estipulado en (NEC-SE-DS, 4.2.1). Con lo observado se puede concluir que esta edificación no cumplió con el nivel de desempeño esperado en una estructura de ocupación especial bajo un nivel de amenaza frecuente.

5.14. Unidad Educativa Cristo Rey

La estructura de ocupación especial Unidad Educativa Cristo Rey, ubicada en la ciudad de Portoviejo, se encuentra cimentada en suelo tipo D de forma que su estructura está compuesta de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras.

5.14.1. Periodo de vibración de la estructura

Para el cálculo del periodo de la estructura es importante considerar la altura del edificio y el sistema estructural de la edificación. Los datos utilizados para determinar el valor del periodo se detallarán en la tabla que se presentara a continuación.

Tabla 60 *Periodo de vibración Unidad Educativa Cristo Rey.*

<i>Periodo de vibración (Unidad Educativa Cristo Rey)</i>	
$T = C_t * H_n^\alpha$	
Ct	0,055
A	0,9
Hn	8,74
T	0,387

Nota: Elaborado por el autor

5.14.2. Deriva inelástica

Para determinar la deriva inelástica que obtiene la estructura durante el evento sísmico es necesario obtener el periodo de la estructura debido a que con el periodo ubicaremos el desplazamiento que registra el acelerograma en el tipo de suelo que se encuentra la estructura, con el fin de aplicar el criterio de diseño para la deriva máxima de la estructura que relaciona el desplazamiento y su altura. A continuación, se muestra la tabla y el espectro de desplazamiento que contienen los datos para calcular la deriva máxima del edificio.

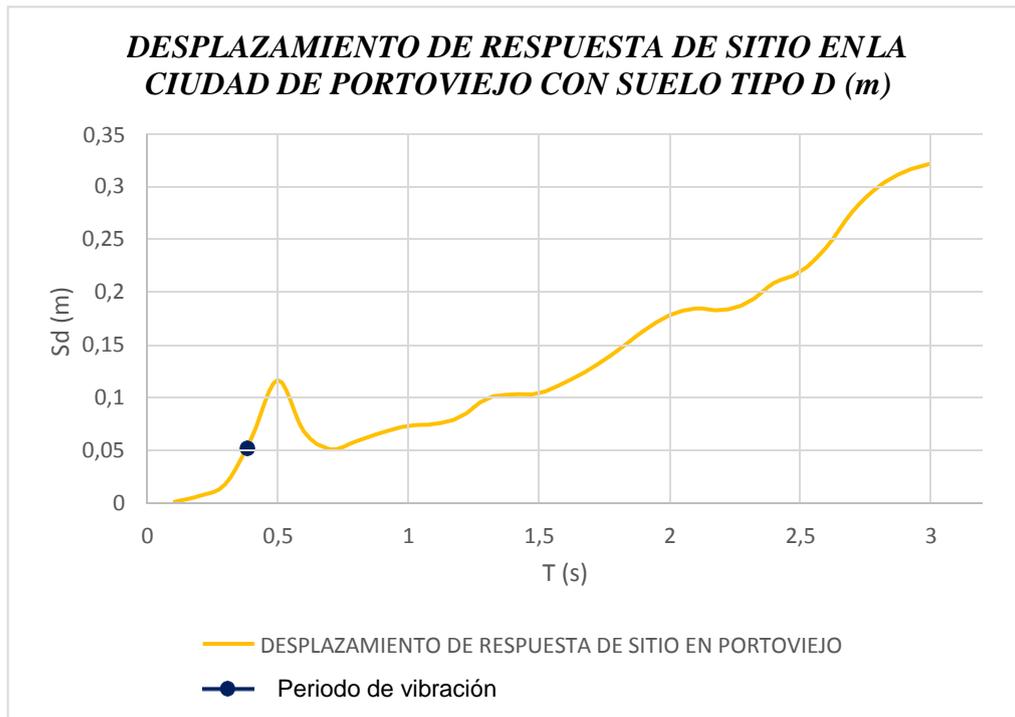


Figura 101. Desplazamiento de respuesta de sitio en la ciudad de Portoviejo con suelo tipo D (m)

Tabla 61 *Deriva inelástica de la Unidad Educativa Cristo Rey.*

Deriva inelástica	
$\Delta m = 0.75 * \Delta E$;	$\Delta E = \frac{Sd}{H}$
Sd	0,052
ΔE	0,0059
Δm	0,0045
Verificación según Nec-15 Sí cumple	

Nota: Elaborado por el autor

5.14.3. Factor de reducción de resistencia sísmica

Para determinar el factor de reducción de resistencia sísmico de la estructura es imprescindible relacionar la aceleración obtenida en el espectro de respuesta de sitio del acelerograma y la aceleración obtenida del espectro de respuesta de diseño en un sismo frecuente, de manera que con estos valores de aceleración se deberá calcular el factor de reducción efectivo con el propósito de compararlo con el factor de reducción de la Nec-15.



Figura 102. Espectro de respuesta de aceleración de la Unidad Educativa Cristo Rey

Tabla 62 Determinación del factor de reducción efectivo – sismo 16-04-2016.

Periodo de vibración de la estructura	Aceleración de respuesta estructural (g)	Aceleración de respuesta para diseño (g)	Factor de Reducción efectivo	Factor de reducción máximo según Nec-15
0,387	1,48	1,4	0,95	8

Nota: Elaborado por el autor

5.14.4. Desempeño sísmico de la estructura de ocupación especial.

Para poder evaluar el desempeño sísmico de la Unidad Educativa Cristo Rey es importante clasificar en qué tipo de nivel de amenaza actuó la estructura para ello se compara los espectros de respuesta de diseño en distintos niveles de amenaza sísmica con suelo tipo D y el espectro de aceleración de sitio en suelo tipo D, con el fin de utilizar el periodo de vibración de la estructura y poder determinar bajo qué nivel de amenaza actúa la estructura.

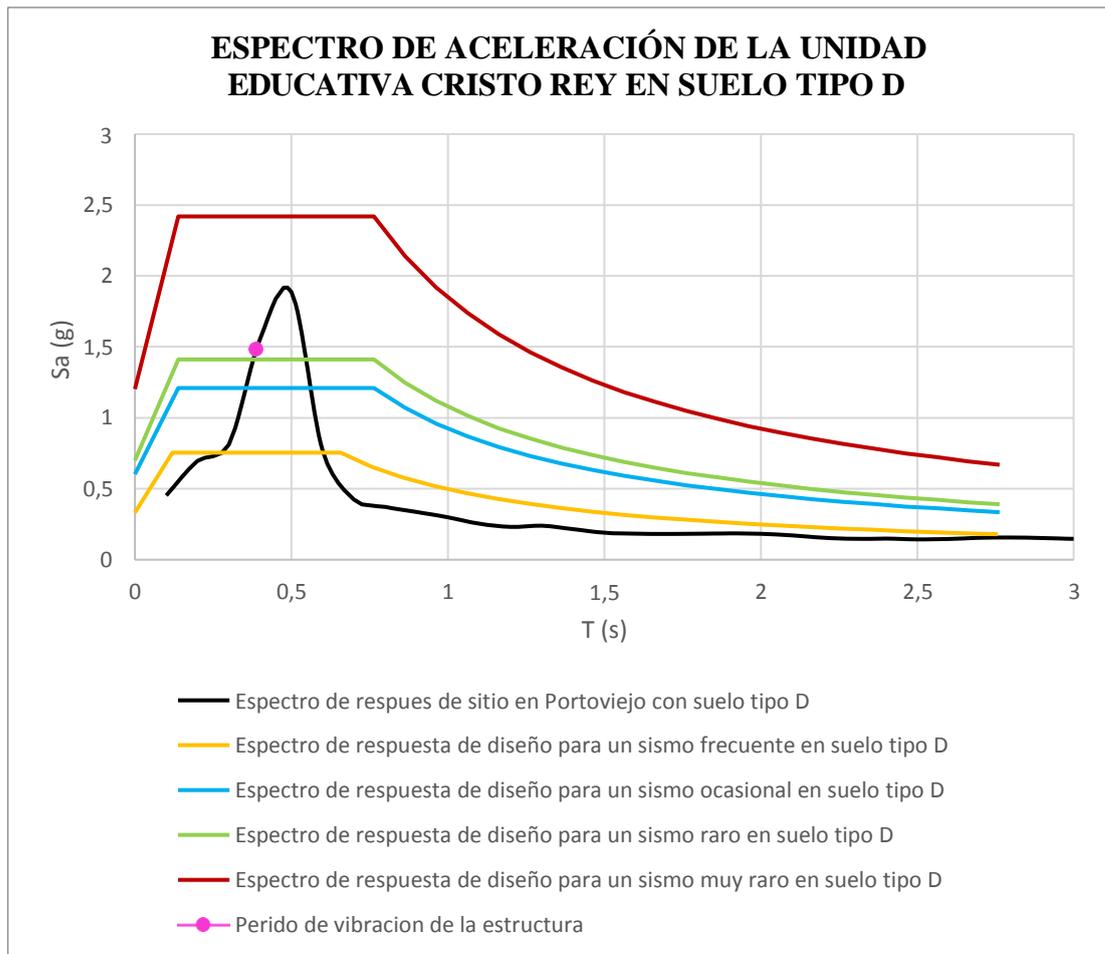


Figura 103. Respuesta estructural de la Unidad Educativa Cristo Rey después del sismo del 16-04-2016. Suelo tipo D.

- ***Daños Observados***

- Daños en la mampostería de ciertos cursos de la unidad educativa donde se observó el desprendimiento de las paredes.

- ***Causas de los daños***

- Gran parte de los daños son ocasionado por el desprendimiento de la mampostería que no forma parte del diseño estructural.
- Mala calidad en los elementos utilizados para la construcción de la estructura
- Incremento de elementos no estructurales no previsto en el diseño.

- ***Nivel de Amenaza Sísmica***

- Con el espectro de aceleración visto anteriormente se determinó que la Unidad Educativa Cristo Rey actuó entre un nivel de amenaza sísmica raro y muy raro.

- *Desempeño de la estructura*

- En el capítulo de recopilación de información se observó que el edificio queda fuera de operación durante un corto periodo de tiempo debido a que se procedió a realizar las reparaciones de los cursos.
- El diseño según Nec-15 especifica que una estructura de ocupación especial que actúa en un nivel de amenaza sísmica raro deberá admitir el nivel de prevención de daños según lo especificado en (NEC-SE-DS, 4.3.4). Con lo observado se puede concluir que esta edificación tuvo un desempeño sísmico adecuado debido a que no colapso, pero si sufrió daños menores bajo un nivel de amenaza sísmica entre raro y muy raro.

5.15. Colegio Nacional Cinco De Junio

La estructura de ocupación especial Colegio Nacional Cinco de Junio, ubicado en la ciudad de Manta, se encuentra cimentada en suelo tipo D de forma que su estructura está compuesta de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras.

5.15.1. Periodo de vibración de la estructura

Para el cálculo del periodo de la estructura es importante considerar la altura del edificio y el sistema estructural de la edificación. Los datos utilizados para determinar el valor del periodo se detallarán en la tabla que se presentara a continuación.

Tabla 63 *Periodo de vibración del Colegio Nacional Cinco de Junio*

<i>Periodo de vibración (Colegio Nacional Cinco de Junio)</i>	
$T = C_t * H_n^\alpha$	
Ct	0.055
A	0.9
Hn	4.9 metros
T	0.23 (seg)

Nota: Elaborada por el autor

5.15.2. Deriva inelástica

Para determinar la deriva inelástica que obtiene la estructura durante el evento sísmico es necesario obtener el periodo de la estructura debido a que con el periodo ubicaremos el desplazamiento que registra el acelerograma en el tipo de suelo que se encuentra la estructura, con el fin de aplicar el criterio de diseño para la deriva máxima de la estructura que relaciona el desplazamiento y su altura. A continuación, se muestra la tabla y el espectro de desplazamiento que contienen los datos para calcular la deriva máxima del edificio.

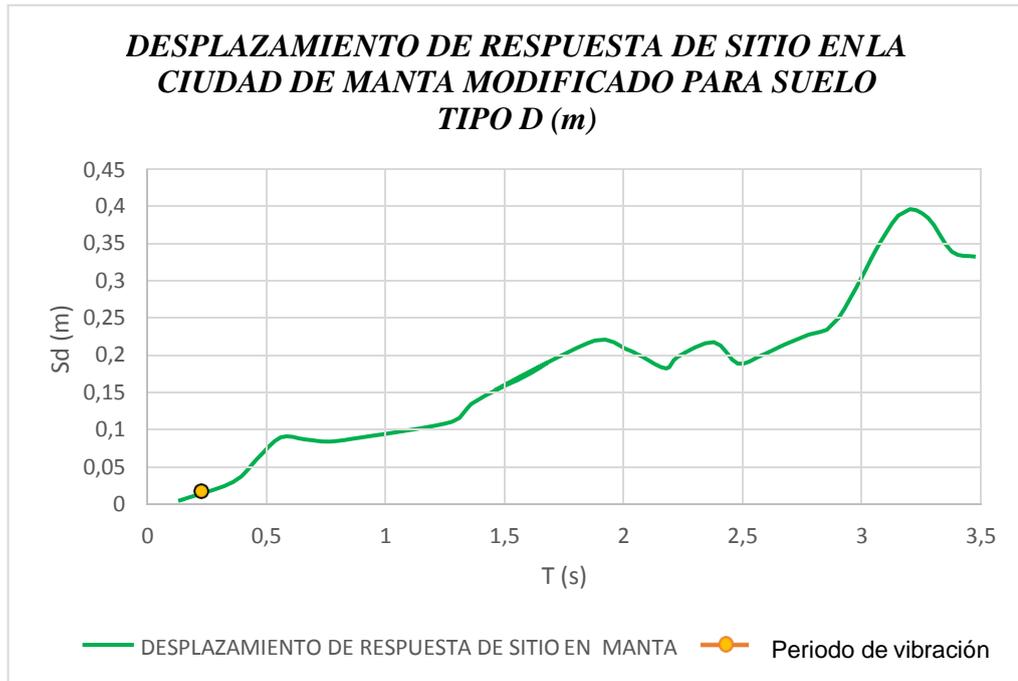


Figura 104. Desplazamiento de respuestas de sitio en la ciudad de Manta modificado para suelo tipo D (m)

Tabla 64 *Deriva inelástica del Colegio Nacional Cinco de Junio*

<i>Deriva inelástica</i>	
$\Delta m = 0.75 * \Delta E$;	$\Delta E = \frac{Sd}{H}$
Sd	0,017
ΔE	0,0035
Δm	0,0026
Verificación según Nec-15 Sí cumple	

Nota: Elaborado por el autor

5.15.3. Factor de reducción de resistencia sísmica

Para determinar el factor de reducción de resistencia sísmico de la estructura es imprescindible relacionar la aceleración obtenida en el espectro de repuesta de sitio del acelerograma y la aceleración obtenida del espectro de respuesta de diseño en un sismo frecuente, de manera que con estos valores de aceleración se deberá calcular el factor de reducción efectivo con el propósito de compararlo con el factor de reducción de la Nec-15.

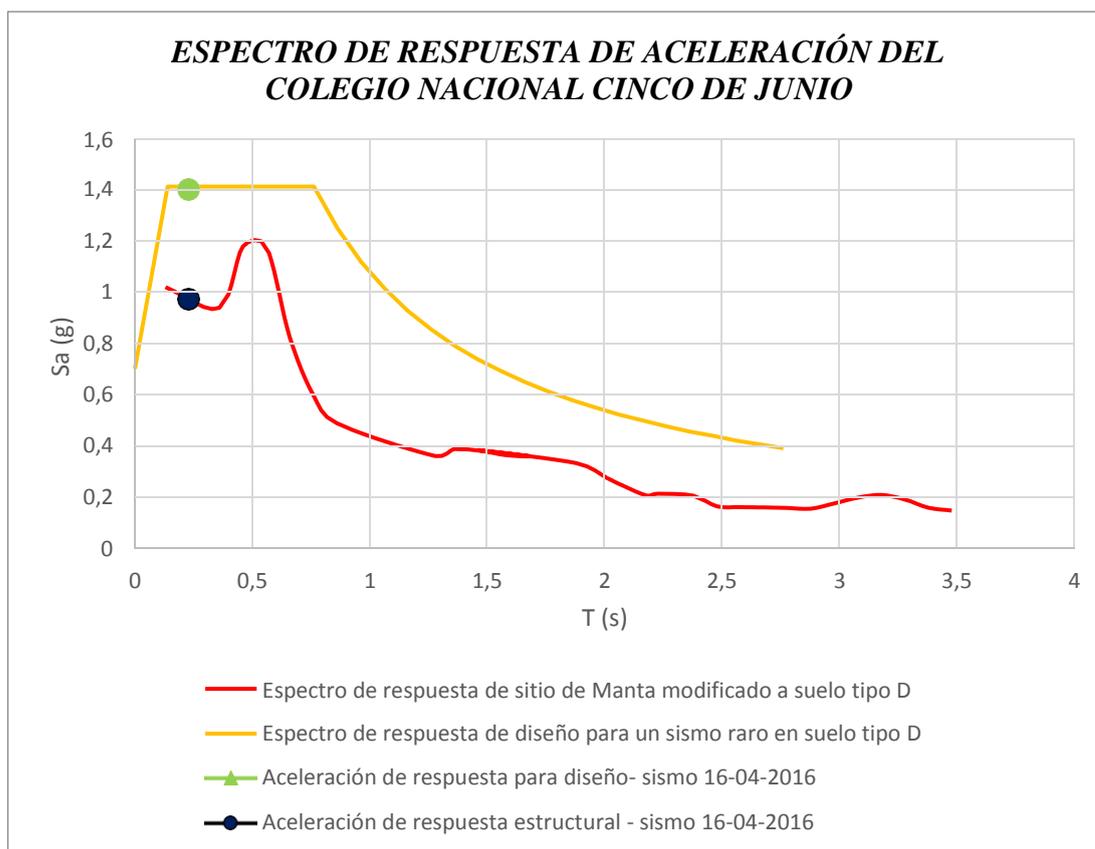


Figura 105. Espectro de respuesta de aceleración del Colegio Nacional Cinco de Junio

Tabla 65 Determinación del factor de reducción efectivo – sismo 16-04-2016.

Periodo de vibración de la estructura	Aceleración de respuesta estructural (g)	Aceleración de respuesta para diseño (g)	Factor de Reducción efectivo	Factor de reducción máximo según Nec-15
0,62	0,97	1,40	1,44	8

Nota: Elaborado por el autor

5.15.4. Desempeño sísmico de la estructura de ocupación especial.

Para poder evaluar el desempeño sísmico del Colegio Nacional Cinco de Junio, es importante clasificar en qué tipo de nivel de amenaza actuó la estructura para ello se compara los espectros de respuesta de diseño en distintos niveles de amenaza sísmica con suelo tipo D y el espectro de aceleración de sitio modificado en suelo tipo D, con el fin de utilizar el periodo de vibración de la estructura y poder determinar bajo qué nivel de amenaza actuó la estructura.

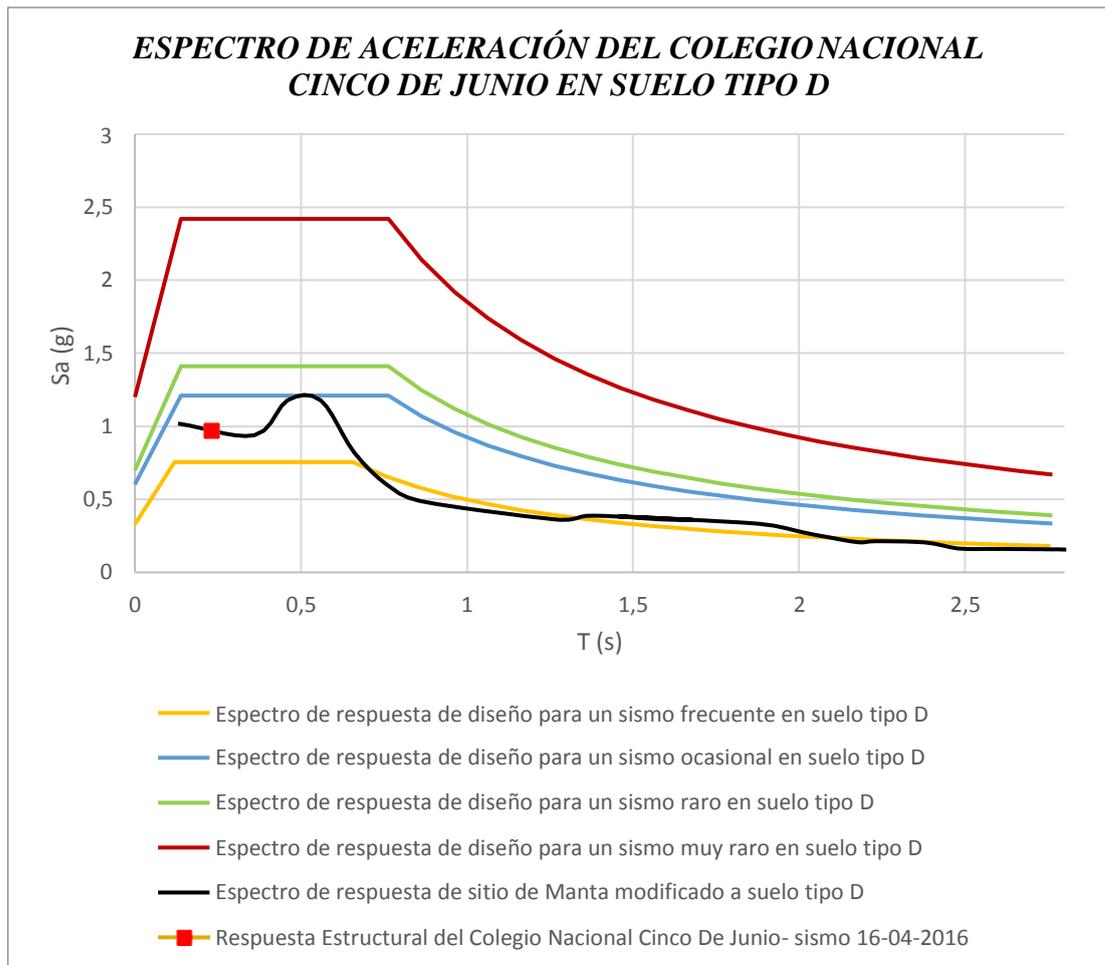


Figura 106. Respuesta estructural del Colegio Nacional Cinco de Junio después del sismo del 16-04-2016. Suelo tipo D.

- ***Daños Observados***

- Daños leves en la mampostería y los elementos no estructurales

- ***Causas de los daños***

- Mala calidad en los elementos utilizados para la construcción de la estructura.
- Incremento de elementos no estructurales no previsto en el diseño de la estructura.

- ***Nivel de Amenaza Sísmica***

- Con el espectro de aceleración visto anteriormente se determinó que el Colegio Nacional Cinco de Junio actuó bajo un nivel de amenaza sísmica ocasional.

- *Desempeño de la estructura*

- En el capítulo de recopilación de información se observó que el edificio actualmente se encuentra funcionando de manera continua.
- El diseño según Nec-15 especifica que una estructura de ocupación especial que actúa en un nivel de amenaza sísmica ocasional deberá cumplir con la prevención de daños estructurales graves y controlar los daños de elementos no estructurales luego de terremotos moderados y poco frecuentes según (NEC-SE-DS, 4.2.1), sin embargo, con lo observado se puede concluir que esta edificación no cumplió con el nivel de desempeño esperado en una estructura de ocupación especial bajo un nivel de amenaza ocasional.

5.16. Colegio Nacional Mixto Amazonas

La estructura de ocupación especial Colegio Nacional Mixto Amazonas, ubicada en la ciudad de Chone, se encuentra cimentada en suelo tipo E de forma que su estructura está compuesta de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras.

5.16.1. Periodo de vibración de la estructura

Para el cálculo del periodo de la estructura es importante considerar la altura del edificio y el sistema estructural de la edificación. Los datos utilizados para determinar el valor del periodo se detallarán en la tabla que se presentara a continuación.

Tabla 66 *Periodo de vibración de la Unidad Educativa Amazonas*

<i>Periodo de vibración (Unidad Educativa Amazonas)</i>	
$T = C_t * H_n^\alpha$	
Ct	0.055
A	0.9
Hn	6.37 metros
T	0.291 (seg)

Nota: Elaborado por el autor

5.16.2. Deriva inelástica

Para determinar la deriva inelástica que obtiene la estructura durante el evento sísmico es necesario obtener el periodo de la estructura debido a que con el periodo ubicaremos el desplazamiento que registra el acelerograma en el tipo de suelo que se encuentra la estructura, con el fin de aplicar el criterio de diseño para la deriva máxima de la estructura que relaciona el desplazamiento y su altura. A continuación, se muestra la tabla y el espectro de desplazamiento que contienen los datos para calcular la deriva máxima del edificio.

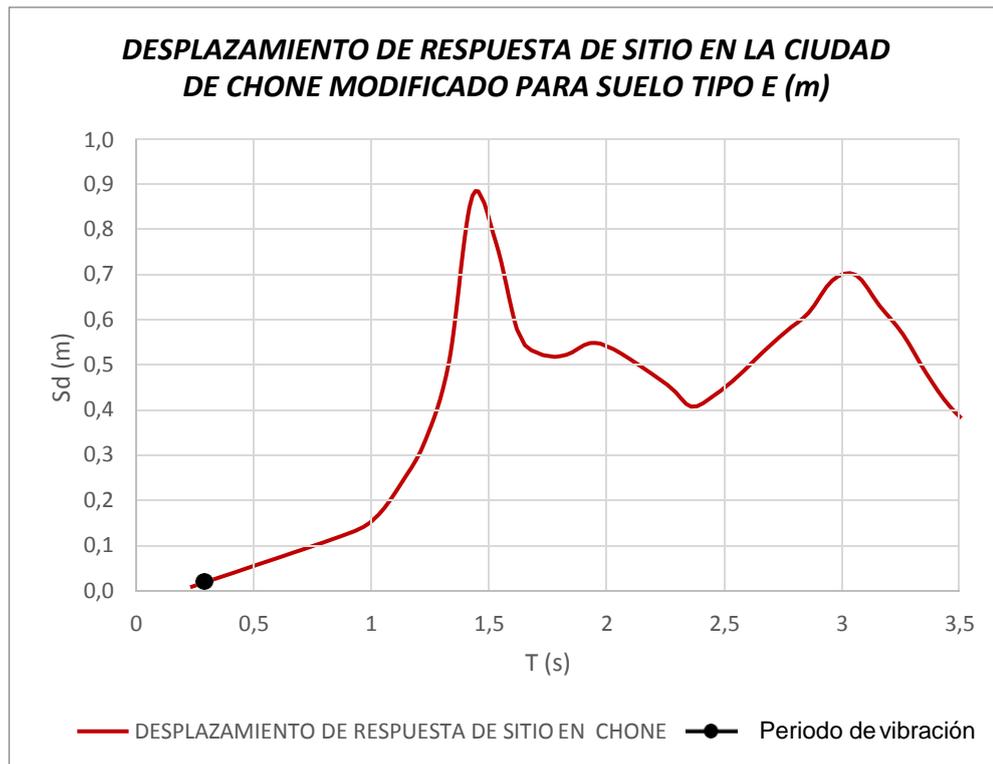


Figura 107. Desplazamiento de respuesta de sitio en la ciudad de Chone modificado para suelo tipo E (m)

Tabla 67 Deriva inelástica del Colegio Nacional Mixto Amazonas

<i>Deriva inelástica</i>	
$\Delta m = 0.75 * \Delta E$	$\Delta E = \frac{Sd}{H}$
Sd	0,020
ΔE	0,0031
Δm	0,0024
Verificación según Nec-15 Sí cumple	

Nota: Elaborado por el autor

5.16.3. Factor de reducción de resistencia sísmica

Para determinar el factor de reducción de resistencia sísmico de la estructura es imprescindible relacionar la aceleración obtenida en el espectro de respuesta de sitio del acelerograma y la aceleración obtenida del espectro de respuesta de diseño en un sismo frecuente, de manera que con estos valores de aceleración se deberá calcular el factor de reducción efectivo con el propósito de compararlo con el factor de reducción de la Nec-15.

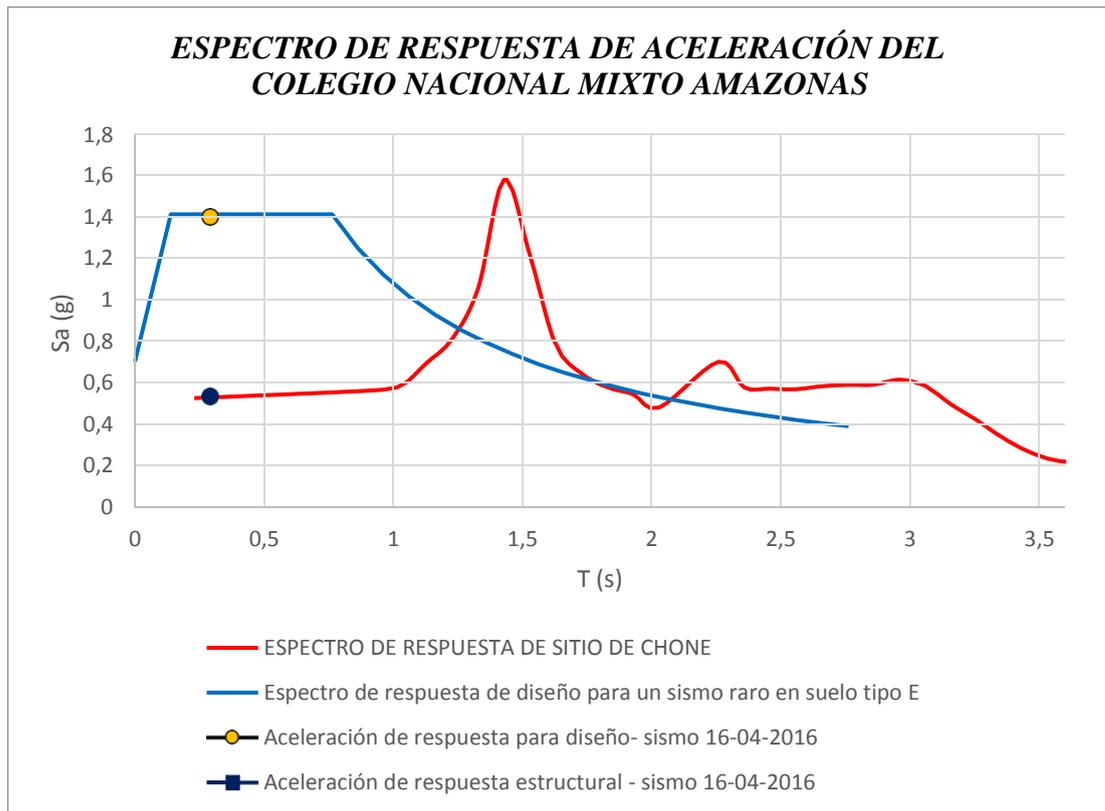


Figura 108. Espectro de respuesta de aceleración del Colegio Nacional Mixto Amazonas

Tabla 68 Determinación del factor de reducción efectivo – sismo 16-04-2016.

Periodo de vibración de la estructura	Aceleración de respuesta estructural (g)	Aceleración de respuesta para diseño (g)	Factor de Reducción efectivo	Factor de reducción máximo según Nec-15
0,291	0,53	1,40	2,64	8

Nota: Elaborado por el autor

5.16.4. Desempeño sísmico de la estructura de ocupación especial.

Para poder evaluar el desempeño sísmico del Colegio Nacional Mixto Amazonas, es importante clasificar en qué tipo de nivel de amenaza actuó la estructura para ello se compara los espectros de respuesta de diseño en distintos niveles de amenaza sísmica con suelo tipo E y el espectro de aceleración de sitio con suelo tipo E, con el fin de utilizar el periodo de vibración de la estructura y poder determinar bajo qué nivel de amenaza actúa la estructura.

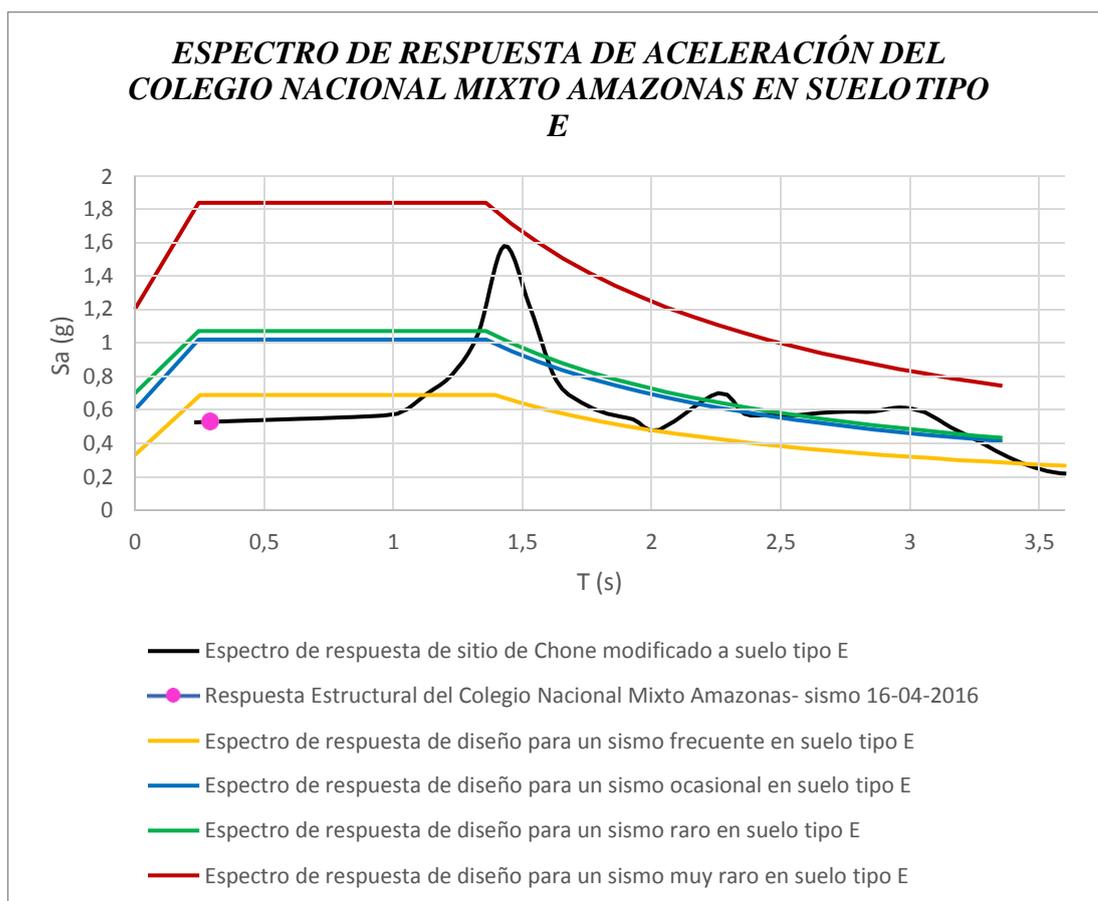


Figura 109. Respuesta estructural del Colegio Nacional Mixto Amazonas después del sismo del 16-04-2016. Suelo tipo E.

- ***Daños Observados***

- Daños leves en la mampostería y los elementos no estructurales

- ***Causas de los daños***

- Mala calidad en los elementos utilizados para la construcción de la estructura.
- Incremento de elementos no estructurales no previsto en el diseño de la estructura.

- ***Nivel de Amenaza Sísmica***

- Con el espectro de aceleración visto anteriormente se determinó que el Colegio Nacional Mixto Amazonas actuó bajo un nivel de amenaza sísmica frecuente.

- ***Desempeño de la estructura***

- En el capítulo de recopilación de información se observó que el edificio actualmente se encuentra funcionando de manera continua.

- El diseño según Nec-15 especifica que una estructura de ocupación especial que actúa en un nivel de amenaza sísmica Frecuente deberá cumplir con la Prevención daños en elementos no estructurales y estructurales, ante terremotos pequeños y frecuentes, según lo estipulado en (NEC-SE-DS, 4.2.1). Con lo observado se puede concluir que esta edificación no cumplió con el nivel de desempeño esperado en una estructura de ocupación especial bajo un nivel de amenaza frecuente.

5.17. Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo

La estructura de ocupación especial Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo, ubicada en la ciudad de Manta, se encuentra cimentada en suelo tipo D de forma que su estructura está compuesta de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras.

5.17.1. Periodo de vibración de la estructura

Para el cálculo del periodo de la estructura es importante considerar la altura del edificio y el sistema estructural de la edificación. Los datos utilizados para determinar el valor del periodo se detallarán en la tabla que se presentara a continuación.

Tabla 69 *Periodo de vibración de la Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo*

<i>Periodo de vibración (Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo)</i>	
$T = C_t * H_n^\alpha$	
Ct	0.055
A	0.9
Hn	9,27 metros
T	0,408 (seg)

Nota: Elaborado por el autor

5.17.2. Deriva inelástica

Para determinar la deriva inelástica que obtiene la estructura durante el evento sísmico es necesario obtener el periodo de la estructura debido a que con el periodo ubicaremos el desplazamiento que registra el acelerograma en el tipo de suelo que se encuentra la estructura, con el fin de aplicar el criterio de diseño para la deriva máxima de la estructura que relaciona el desplazamiento y su altura. A continuación, se muestra la tabla y el espectro de desplazamiento que contienen los datos para calcular la deriva máxima del edificio.

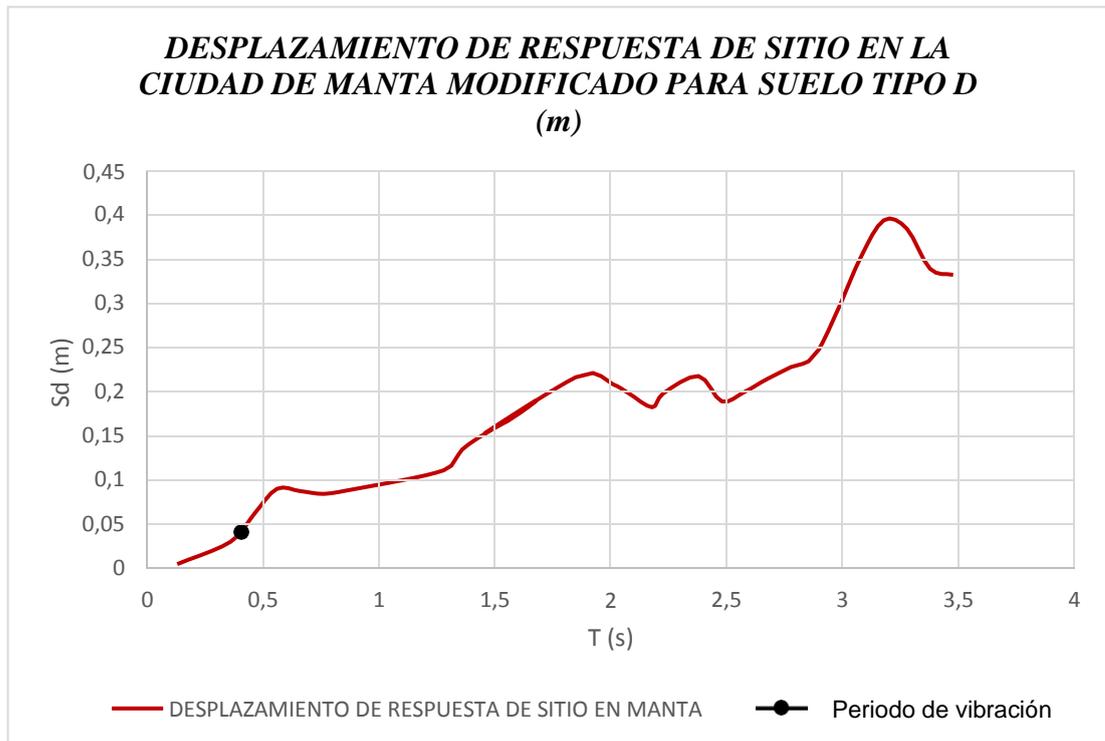


Figura 110. Desplazamiento de respuesta de sitio en la ciudad de Manta modificada para suelo tipo D (m)

Tabla 70 Deriva Inelástica de la Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo

<i>Deriva inelástica</i>	
$\Delta m = 0.75 * \Delta E$	$\Delta E = \frac{Sd}{H}$
Sd	0,040
ΔE	0,0043
Δm	0,0032
Verificación según Nec-15	Sí cumple

Nota: Elaborado por el autor

5.17.3. Factor de reducción de resistencia sísmica

Para determinar el factor de reducción de resistencia sísmico de la estructura es imprescindible relacionar la aceleración obtenida en el espectro de respuesta de sitio del acelerograma y la aceleración obtenida del espectro de respuesta de diseño en un sismo frecuente, de manera que con estos valores de aceleración se deberá calcular el factor de reducción efectivo con el propósito de compararlo con el factor de reducción de la Nec-15.

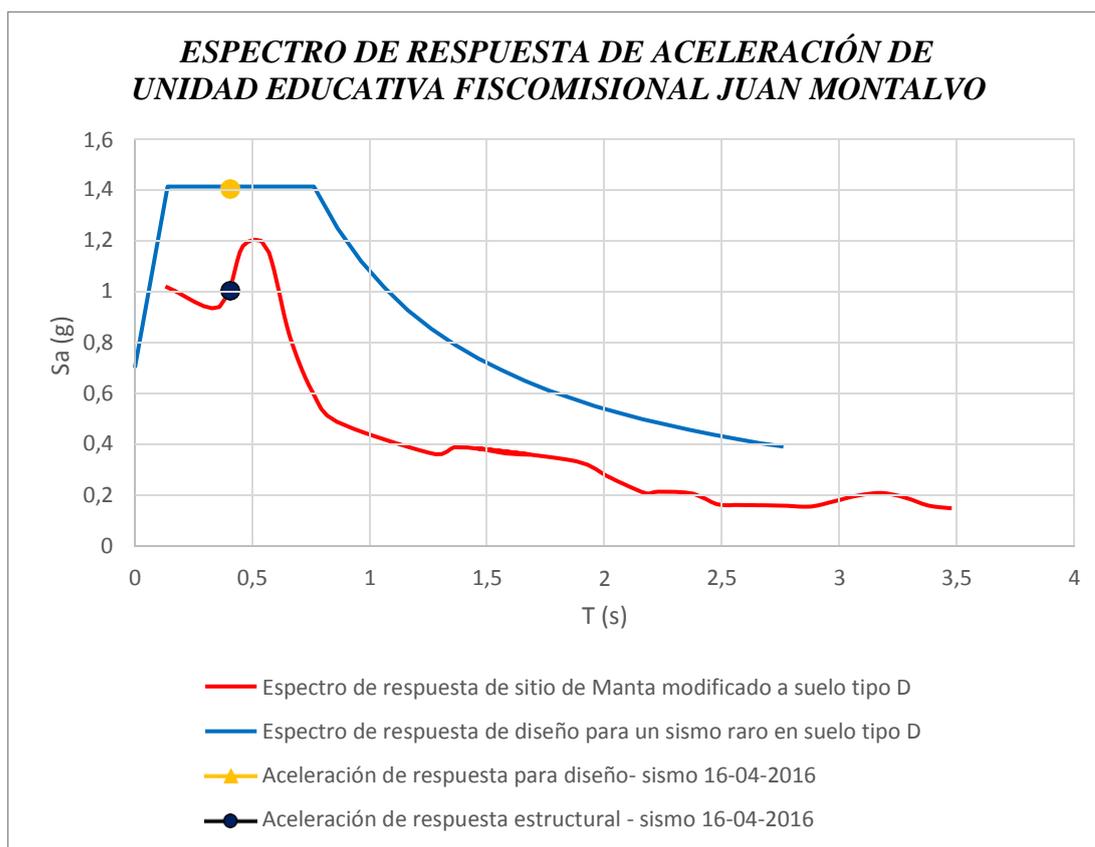


Figura 111. Espectro de respuesta de aceleración de unidad educativa Fiscomisional Juan Montalvo

Tabla 71 *Determinación del factor de reducción efectivo – sismo 16-04-2016.*

Periodo de vibración de la estructura	Aceleración de respuesta estructural (g)	Aceleración de respuesta para diseño (g)	Factor de Reducción efectivo	Factor de reducción máximo según Nec-15
0,62	1	1,40	1,40	8

Nota: Elaborado por el autor

5.17.4. Desempeño sísmico de la estructura de ocupación especial.

Para poder evaluar el desempeño sísmico de la Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo es importante clasificar en qué tipo de nivel de amenaza actuó la estructura para ello se compara los espectros de respuesta de diseño en distintos niveles de amenaza sísmica con suelo tipo D y el espectro de aceleración de sitio modificado en suelo tipo D, con el fin de utilizar el periodo de vibración de la estructura y poder determinar bajo qué nivel de amenaza actúa la estructura.

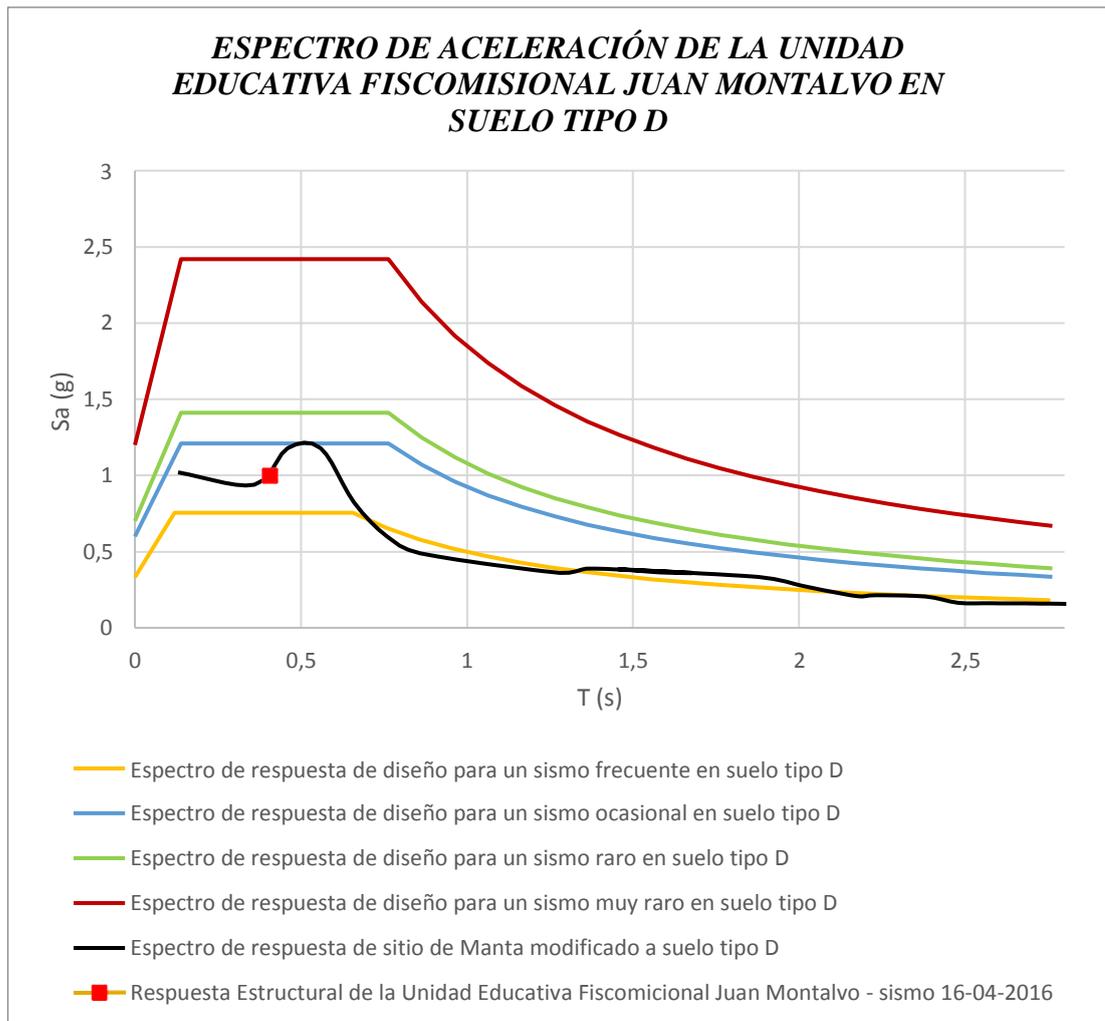


Figura 112. Respuesta estructural de la Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo después del sismo del 16-04-2016. Suelo tipo D

- ***Daños Observados***

- Colapso de todas paredes en la zona lateral izquierda de la estructura.
- Se observaron daños leves en los elementos estructurales, debido a la la irregularidad de forma de la columna.

- ***Causas de los daños***

- Falta de ductilidad en los elementos estructurales debido a la irregularidad que presenta las columnas.
- Mala calidad en los elementos utilizados para la construcción de la estructura
- Incremento de elementos no estructurales no previsto en el diseño de la estructura.

- *Nivel de Amenaza Sísmica*
 - Con el espectro de aceleración visto anteriormente se determinó que la Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo actuó entre un nivel de amenaza sísmica frecuente y ocasional
- *Desempeño de la estructura*
 - En el capítulo de recopilación de información se observó que el edificio queda fuera de operación durante un periodo corto de tiempo debido a que repararon las fallas en la zona lateral de la unidad educativa.
 - El diseño según Nec-15 especifica que una estructura de ocupación especial que actúa en un nivel de amenaza sísmica ocasional deberá cumplir con la prevención de daños estructurales graves y controlar los daños de elementos no estructurales luego de terremotos moderados y poco frecuentes según (NEC-SE-DS, 4.2.1). Con lo observado se puede concluir que esta edificación no cumplió con el nivel de desempeño esperado en una estructura de ocupación especial bajo un nivel de amenaza ocasional.

5.18. Universidad San Gregorio De Portoviejo

La estructura de ocupación Especial Universidad San Gregorio de Portoviejo, ubicada en la ciudad de Portoviejo, se encuentra cimentada en suelo tipo D de forma que su estructura está compuesta de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras.

5.18.1. Periodo de vibración de la estructura

Para el cálculo del periodo de la estructura es importante considerar la altura del edificio y el sistema estructural de la edificación. Los datos utilizados para determinar el valor del periodo se detallarán en la tabla que se presentara a continuación.

Tabla 72 *Periodo de vibración de la Universidad San Gregorio de Portoviejo*

<i>Periodo de vibración (Universidad San Gregorio De Portoviejo)</i>	
$T = C_t * H_n^\alpha$	
Ct	0.055
A	0.9
Hn	13.58 metros
T	0.575 (seg)

Nota: Elaborado por el autor

5.18.2. Deriva inelástica

Para determinar la deriva inelástica que obtiene la estructura durante el evento sísmico es necesario obtener el periodo de la estructura debido a que con el periodo ubicaremos el desplazamiento que registra el acelerograma en el tipo de suelo que se encuentra la estructura, con el fin de aplicar el criterio de diseño para la deriva máxima de la estructura que relaciona el desplazamiento y su altura. A continuación, se muestra la tabla y el espectro de desplazamiento que contienen los datos para calcular la deriva máxima del edificio.



Figura 113. Desplazamiento de respuestas de sitio en la ciudad de Portoviejo con suelo tipo D (m)

Tabla 73 *Deriva inelástica de la Universidad San Gregorio de Portoviejo*

<i>Deriva inelástica</i>	
$\Delta m = 0,75 * \Delta E$;	$\Delta E = \frac{Sd}{H}$
Sd	0,085
ΔE	0,0063
Δm	0,0047
Verificación según Nec-15	Sí cumple

Nota: Elaborado por el autor

5.18.3. Factor de reducción de resistencia sísmica

Para determinar el factor de reducción de resistencia sísmico de la estructura es imprescindible relacionar la aceleración obtenida en el espectro de respuesta de sitio del acelerograma y la aceleración obtenida del espectro de respuesta de diseño en un sismo frecuente, de manera que con estos valores de aceleración se deberá calcular el factor de reducción efectivo con el propósito de compararlo con el factor de reducción de la Nec-15.

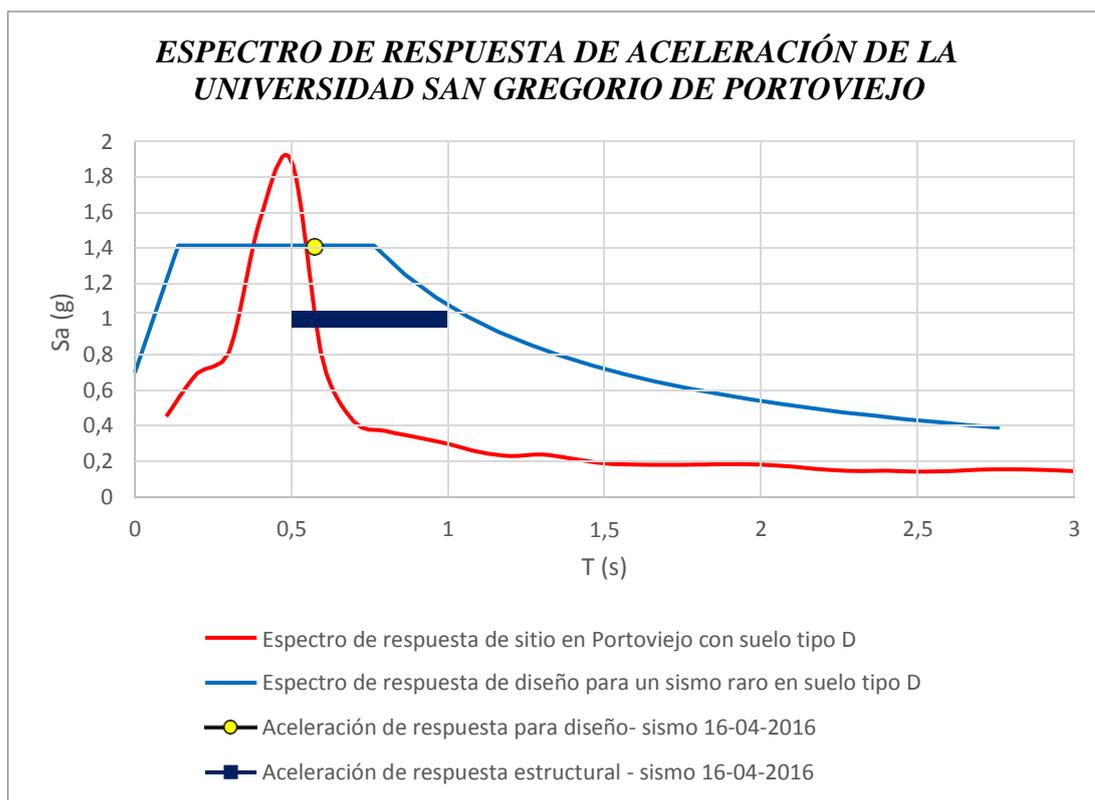


Figura 114. Espectro de respuesta de aceleración de la Universidad San Gregorio de Portoviejo

Tabla 74 Determinación del factor de reducción efectivo – sismo 16-04-2016.

Periodo de vibración de la estructura	Aceleración de respuesta estructural (g)	Aceleración de respuesta para diseño (g)	Factor de Reducción efectivo	Factor de reducción máximo según Nec-15
0,575	1	1,4	1,40	8

Nota: Elaborado por el autor

5.18.4. Desempeño sísmico de la estructura de ocupación especial.

Para poder evaluar el desempeño sísmico de la Universidad San Gregorio de Portoviejo, es importante clasificar en qué tipo de nivel de amenaza actuó la estructura para ello se compara los espectros de respuesta de diseño en distintos niveles de amenaza sísmica con suelo tipo D y el espectro de aceleración de sitio en suelo tipo D, con el fin de utilizar el periodo de vibración de la estructura y poder determinar bajo qué nivel de amenaza actúa la estructura.

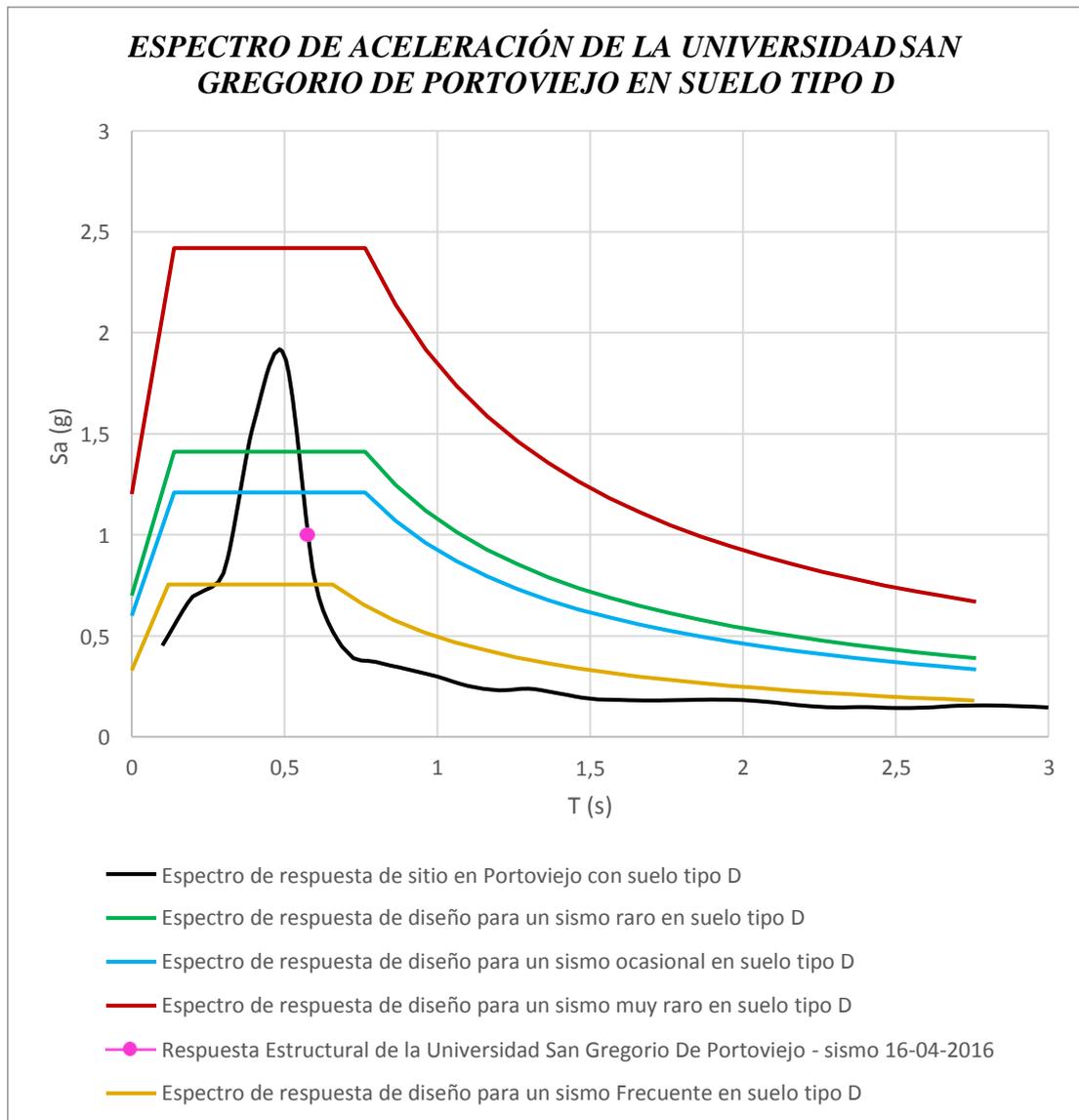


Figura 115. Respuesta estructural de la Universidad San Gregorio de Portoviejo después del sismo del 16-04-2016. Suelo tipo D

- ***Daños Observados***

- En esta estructura no se tiene información de los daños ocasionados después del sismo.

- ***Nivel de Amenaza Sísmica***

- Con el espectro de aceleración visto anteriormente se puede clasificar que la Universidad San Gregorio de Portoviejo actuó entre un nivel de amenaza sísmica frecuente y ocasional.

- ***Desempeño de la estructura***

- En el capítulo de recopilación de información se puede observar que el edificio actualmente está en operación continua.

- El diseño según Nec-15 especifica que una estructura de ocupación especial que actúa en un nivel de amenaza sísmica ocasional deberá cumplir con la prevención de daños estructurales graves y controlar los daños de elementos no estructurales luego de terremotos moderados y poco frecuentes según (NEC-SE-DS, 4.2.1). Con lo observado se puede concluir que esta edificación no cumplió con el nivel de desempeño esperado en una estructura de ocupación especial bajo un nivel de amenaza ocasional.

5.19. Resultados obtenidos.

En la siguiente tabla se muestra un resumen con los resultados del análisis de cada estructura de ocupación especial seleccionada en el presente caso de estudio.

Tabla 75 *Resultados obtenidos entre estructuras de ocupación especial y Desempeño sísmico*

Estructuras de ocupación especial		Desempeño sísmico	
1	Unidad Educativa Linus Palling	Ciudad	MANTA
		Estación	AMNT
		Periodo (T)	0,62
		Deriva Inelástica (ΔM)	0,0046
		Facto de Reducción (Re)	1,43
		Niveles de amenaza	Frecuente-Ocasional
		Cumplió con el	
		Desempeño sísmico según Nec-15	No cumplió
		Ciudad	PORTOVIEJO
		Estación	APO1
2	Unidad Educativa Santa Mariana De Jesús	Periodo (T)	0,53
		Deriva Inelástica (ΔM)	0,0063
		Facto de Reducción (Re)	0,85
		Niveles de amenaza	Raro – Muy raro
		Cumplió con el	
		Desempeño sísmico según Nec-15	Si cumplió
		Ciudad	MANTA
		Estación	AMNT
		Periodo (T)	0,754
		Deriva Inelástica (ΔM)	0,0034
3	Unidad Educativa Salesiana San José	Facto de Reducción (Re)	2,26
		Niveles de amenaza	Frecuente
		Cumplió con el	
		Desempeño sísmico según Nec-15	No cumplió
		Ciudad	MANTA
		Estación	AMNT
		Periodo (T)	0,34
		Deriva Inelástica (ΔM)	0,0024
		Facto de Reducción (Re)	1,49
		Niveles de amenaza	Ocasional
4	Universidad Laica Eloy Alfaro	Cumplió con el	
		Desempeño sísmico según Nec-15	No cumplió

		Ciudad	BAHÍA DE CARAQUEZ
		Estación	ACHN
5	Colegio Nacional Eloy Alfaro	Periodo (T)	0,58
		Deriva Inelástica (ΔM)	0,0030
		Facto de Reducción (Re)	2,00
		Niveles de amenaza	Frecuente
		Cumplió con el	
		Desempeño sísmico según Nec-15	No cumplió
		Ciudad	PORTOVIEJO
		Estación	APO1
6	Unidad Educativa Cristo Rey	Periodo (T)	0,39
		Deriva Inelástica (ΔM)	0,0045
		Facto de Reducción (Re)	0,95
		Niveles de amenaza	Raro
		Cumplió con el	
		Desempeño sísmico según Nec-15	Si cumplió
		Ciudad	MANTA
		Estación	AMNT
7	Colegio Nacional Cinco De Junio	Periodo (T)	0,23
		Deriva Inelástica (ΔM)	0,0026
		Facto de Reducción (Re)	1,44
		Niveles de amenaza	Ocasional
		Cumplió con el	
		Desempeño sísmico según Nec-15	No cumplió
		Ciudad	CHONE
		Estación	ACHN
8	Unidad Educativa Amazonas	Periodo (T)	0,29
		Deriva Inelástica (ΔM)	0,0024
		Facto de Reducción (Re)	2,64
		Niveles de amenaza	Frecuente
		Cumplió con el	
		Desempeño sísmico según Nec-15	No cumplió
		Ciudad	MANTA
		Estación	AMNT
9	Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo	Periodo (T)	0,41
		Deriva Inelástica (ΔM)	0,0032
		Facto de Reducción (Re)	1,40
		Niveles de amenaza	Ocasional

		Cumplió con el Desempeño sísmico según Nec-15	No cumplió
		Ciudad	PORTOVIEJO
		Estación	APO1
10	Universidad San Gregorio De Portoviejo	Periodo (T)	0,58
		Deriva Inelástica (ΔM)	0,0047
		Facto de Reducción (Re)	1,40
		Niveles de amenaza	Ocasional
		Cumplió con el Desempeño sísmico según Nec-15	No cumplió

Nota: Elaborada por el autor

CAPÍTULO VI

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

En el capítulo anterior se obtuvieron resultados y datos que sirvieron para determinar el desempeño sísmico de las estructuras de ocupación especial seleccionadas en el presente caso de estudio luego del sismo del 16 de abril del 2016. En el desarrollo del presente trabajo de titulación se puede concluir que la provincia de Manabí fue la más afectada de todas las provincias del Ecuador debido a que se encuentra en la zona costera y por ende es la zona que tiene la probabilidad de ocurrencia más alta de un sismo de mayor magnitud. A continuación, detallaremos en base a los edificios de ocupación especial seleccionados qué ciudades se vieron más afectadas durante el sismo.

En la ciudad de Manta se ubican centros educativos que registran un desempeño sísmico desfavorable debido a que las instituciones Unidad Educativa Linus Palling, Unidad Educativa salesiana San José, Universidad Laica Eloy Alfaro y la Unidad Educativa Fiscomisional Juan Montalvo, colapsaron en parte de su estructura a pesar de que su nivel de amenaza sísmica registrada fue de un sismo frecuente y ocasional, que según la norma deberá cumplir con la prevención de daños estructurales graves y controlar los daños de elementos no estructurales luego de terremotos moderados y poco frecuentes según (NEC-SE-DS, 4.2.1).

No obstante, en esta ciudad se encontró un centro educativo que registró un desempeño sísmico adecuado, que es el Colegio Nacional Cinco de Junio, que sufrió daños menores en su estructura registrando el nivel de amenaza de un sismo ocasional obteniendo así correcto el desempeño estructural de prevención de daños y de colapso dispuesto en la norma. La mayor parte de los daños causados en la ciudad de Manta se debe a los materiales utilizados en la construcción, la irregularidad de la estructura y la falta de un profesional capacitado que participe en toda la construcción y diseño de la estructura.

En la ciudad de Portoviejo se ubican centros educativos que registran un desempeño sísmico favorable debido a que las instituciones Unidad Educativa Santa Mariana de Jesús y la Unidad Educativa Cristo Rey obtuvieron daños significativos en los elementos no estructurales tales como mampostería, tumbado, entre otros. Con el nivel de amenaza sísmica tipo raro que registraron las instituciones no deberían colapsar, pero podría admitirse daño en un nivel de amenaza sísmica raro según (NEC-

SE-DS, 4.3.4). Se puede concluir que estas instituciones cumplieron con el desempeño sísmico dispuesto en la norma y esto se debe en parte a su forma regular y a la ductilidad de los elementos estructurales. No obstante, en esta ciudad se encontró un centro educativo que registró un desempeño sísmico desfavorable debido a esto la institución Universidad San Gregorio De Portoviejo obtuvieron daños menores en su estructura debido a que su nivel de amenaza sísmica registrado fue de un sismo ocasional que según la norma debería cumplir con la prevención de daños estructurales graves y controlar los daños de elementos no estructurales luego de terremotos moderados y poco frecuentes según (NEC-SE-DS, 4.2.1). se puede concluir que esta institución no cumplió con el nivel de prevención de daños mencionado anteriormente en la norma debido a que la mayor parte de los daños causados en las instituciones educativas de la ciudad de Portoviejo se debe al uso incorrecto de la mampostería.

En la ciudad de Bahía de Caráquez y Chone se ubican centros educativos que registran un desempeño sísmico inadecuado debido a que las instituciones, Unidad Educativa Amazonas y el Colegio Nacional Eloy Alfaro, registraron un nivel de amenaza sísmica frecuente que según lo especificado en la norma deberían cumplir con la prevención de daños estructurales graves y controlar los daños de elementos no estructurales luego de terremotos moderados y poco frecuentes según (NEC-SE-DS, 4.2.1). Con los daños que existieron en las instituciones educativas ubicadas en Chone y Bahía de Caráquez se puede concluir que estos centros educativos no cumplen con el nivel de desempeño estipulado en la norma por el uso inapropiado de los materiales de construcción.

Como resultado del análisis del desempeño sísmico registrado en todas las estructuras se puede concluir que los valores del factor de reducción efectivo aplicado a cada estructura son muy bajos comparado con el factor de reducción dispuesto por la NEC-15 que es más elevado, por ende, significa que el valor dispuesto por la norma reduce demasiado la aceleración para diseño. Por otro lado, el límite de las derivas inelásticas máxima esta sobreelevado por lo que permite que todas las estructuras cumplan con este límite sin importar el daño que se genere en los elementos estructurales ocasionando una gran libertad al momento de diseñar las estructuras.

6.2. Recomendaciones

Para el desarrollo de un centro educativo se deben considerar todos los factores de diseño sísmo resistente que están presente en la norma para una estructura de ocupación especial y a su vez esto dependerá en qué tipo de suelo se cimentará la estructura. Con el desarrollo del presente trabajo de titulación se puede notar que hay muchos coeficientes y valores exagerados que toma la Nec-15, dentro de estos valores están el factor de reducción R que según la Nec-15 utiliza valores elevados, reduciendo los valores de aceleración del sísmo de diseño en gran medida, sin embargo la estructura capta el factor de reducción R_e con valores más bajos indicando que el sísmo la aceleración captada en la estructura es mayor a la diseñada según la Nec-15.

Los factores de reducción efectivos para edificios sometidos a sísmos frecuentes en el presente caso de estudio, varían entre 2,00 y 2.64; mientras que, en la Nec-15 se recomienda valores tan altos como factor de reducción igual a 8,00. Se recomienda que para asegurar que no existan daños en sísmo frecuentes en edificios especiales, el valor más alto del factor de reducción debería ser R igual a 3.

Otro valor que da mucha libertad al momento de diseñar y presentar una estructura más económica ahorrando costo en la dimensiones de elementos estructurales es el límite de derivas inelástica máxima proporcionado por la Nec-15, sin embargo, sin embargo existe este límite hay estructuras que cumplen con el límite a pesar de que sus elementos estructurales fallen en el diseño y esto es debido a que este límite es muy permisivo por lo tanto todas las estructuras que se analizaron en el presente caso de estudio cumplieron con lo estipulado en la normativa. Se recomienda que la Nec-15 disminuya el límite de derivas inelásticas máxima en valores menores al 1%. Otras recomendaciones que puede cambiar de manera significativa el comportamiento de la estructura, es diseñar de forma regular y con una elevación estructural simétrica, evitar el adosamiento de las estructuras y regulando los materiales de construcción teniendo como objetivo la seguridad de vida dentro del centro educativo.

Referencias Bibliográficas

- Bonifaz, H., & Haro, J. (2018). *Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez ciudades afectadas por el sismo del 16 abril del 2016*. Quito: ESPE.
- El Diario Ec. (2016, abril 29). *El colegio Mariana de Jesús funcionaría en el Cristo Rey en las tardes*. El Diario Ecuador. <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/390070-el-colegio-mariana-de-jesus-funcionaria-en-el-cristo-rey-en-las-tardes/>
- El Diario Ec. (2017, junio 21). *El colegio Eloy Alfaro*. El Diario Ecuador. <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/437251-el-colegio-eloy-alfaro/>
- El Telégrafo. (2017, julio 4). *21 planteles de Manabí resultaron con daños menores tras el sismo*. El Telégrafo - Noticias del Ecuador y del mundo. <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/21-planteles-de-manabi-resultaron-con-danos-menores-tras-el-sismo>
- Espaciadora, L. B. (2016, abril 24). *¿Por qué se cayó casi todo? Nuestra idiosincrasia constructiva*. *La Barra Espaciadora*. <https://labarraespaciadora.com/ddhh/10702/>
- IGEPN. (2020, enero 11). *Un día como hoy—Instituto Geofísico—EPN*. <https://www.igepn.edu.ec/un-dia-como-hoy>
- IGEPN. (2020, febrero 11). *Red Nacional de Acelerógrafos (RENAC)—Instituto Geofísico—EPN*. <https://www.igepn.edu.ec/red-nacional-de-acelerografos>
- MIDUVI. (2016). *Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*. Recuperado de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/GUIA-5-EVALUACION-Y-REHABILITACION1.pdf>

- NEC. (2015). NEC-SE-DS Peligro sísmico parte 1. Recuperado de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-S%C3%ADsmico-parte-1.pdf>
- NEC. (2015). NEC-SE-DS Peligro sísmico parte 2. Recuperado de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-S%C3%ADsmico-parte-2.pdf>
- Nikolaou, S., Vera-Grunauer, X., and Gilsanz, R., eds. (2016). "GEER-ATC Earthquake Reconnaissance: April 16 2016, Muisne, Ecuador," Geotechnical Extreme Events Reconnaissance Association Report GEER049, Version 1, October 2016. http://www.geerassociation.org/component/geer_reports/?view=geerreports&id=77&layout=default
- NTI, I. (2016, agosto 12). Demolición de edificios en la U. Eloy Alfaro de Manabí. *Oromar televisión*. <http://oromartv.com/demolicion-en-algunos-edificios-de-la-u-alfaro-de-manabi/>
- Rivadenerira, F., Segovia, M., Alvrado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., & Yepes, H. (2007). *Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador—Instituto Geofísico—EPN*. <https://www.igepon.edu.ec/publicaciones-para-la-comunidad/comunidad-espanol/35-breves-fundamentos-sobre-los-terremotos-en-el-ecuador>



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **VERGARA VIVAS JULIO ADRIAN**, con C.C: # 0930489588 autor del trabajo de titulación: **Desempeño de edificios especiales durante sismos en Ecuador - caso de estudio escuelas y centros de educación en la provincia de Manabí** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 28 de febrero de 2020

f. _____

Nombre: VERGARA VIVAS JULIO ADRIAN

C.C: 0930489588



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Desempeño de edificios especiales durante sismos en Ecuador - caso de estudio escuelas y centros de educación en la provincia de Manabí		
AUTOR	Julio Adrián Vergara Vivas		
REVISOR/TUTOR	Ing. Villacrés Sánchez, Alex Raúl. M.Sc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	28 de febrero de 2020	No. DE PÁGINAS:	170
ÁREAS TEMÁTICAS:	Estructuras e Ingeniería Sísmica.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Periodo de vibración, derivas inelásticas, espectros de respuesta, acelerograma, onda de corte, estación, curvas de peligro sísmico.		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>El presente trabajo de titulación tiene como objetivo determinar el desempeño de edificios especiales durante sismos en Ecuador, enfocándose en escuelas y centros de educación en la provincia de Manabí, debido que sufrieron daños y quedaron fuera de servicio, aun cuando las características de dichos sismos en los sitios de ubicación de esas edificaciones, correspondían a sismos frecuentes u ocasionales que según la Normativa Ecuatoriana de la Construcción deberá tener prevención de daños y de colapso. En el caso del sismo del 16 de abril de 2016, hubo varios casos de edificios que colapsaron en la mayor parte de su estructura después del evento y, por el contrario, hubo edificaciones de ese tipo que continuaron prestando servicios, aún después de sismos raro y muy raro. Para ello, se decidió recopilar información existente de diarios locales e informes elaborados por profesionales sobre edificios de escuelas y centros educativos; que hayan sufrido daños durante los sismos ocurridos en el Ecuador. Con el objetivo de identificar el tipo de suelo existente en cada una de las edificaciones seleccionadas para el caso de estudio, de forma que con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS y los informes de los acelerogramas de la provincia de Manabí, se obtuvieron los espectros del acelerogramas y los espectros de respuesta de los movimientos del suelo durante el sismo, para las ubicaciones de las edificaciones en estudio.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4-(998297745)	E-mail: juliovergara05@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Clara Glas Cevallos		
	Teléfono: +593-4-2206956		
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			