

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

**DESEMPEÑO DE EDIFICIOS ESPECIALES DURANTE SISMOS
EN ECUADOR – CASO DE ESTUDIO: CATEDRALES,
IGLESIAS, TEMPLOS PARA LAS PROVINCIAS DE GUAYAS Y
MANABÍ**

AUTOR:

Moreno Roman, Andrei Alexander

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO CIVIL**

TUTOR:

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

Guayaquil, Ecuador

28 de febrero del 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Moreno Roman, Andrei Alexander**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR

f. _____

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

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

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

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



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Moreno Roman, Andrei Alexander**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Desempeño de edificios especiales durante sismos en Ecuador – caso de estudio: catedrales, iglesias, templos para las provincias de Guayas y 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. _____

Moreno Roman, Andrei Alexander



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **Moreno Roman, Andrei Alexander**

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: catedrales, iglesias, templos para las provincias de Guayas y 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. _____

Moreno Roman, Andrei Alexander

Urkund Analysis Result

Analysed Document: Andrei Moreno Final.docx (D63822033)
Submitted: 2/13/2020 12:32:00 AM
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 5 %

Sources included in the report:

<https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/457-sismo-de-bah%C3%ADa-de-car>
<https://www.igepn.edu.ec/interactuamos-con-usted/1572-dos-anos-despues-del-terremoto-de-pedernales-actualizacion-sismicaMoreno>,
<https://www.eluniverso.com/noticias/2017/05/24/nota/6197353/iglesia-jama-afectada-terremoto-casi-lista>
<https://docplayer.es/136647949-Facultad-de-ingenieria-carrera-de-ingenieria-civil.html>
<https://fr.slideshare.net/LeninStalinZrate/nec-seds>
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-S%C3%ADsmico-parte-1.pdf>
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-DS.pdf>
<https://docplayer.es/42461-Norma-ecuatoriana-de-la-construccion-nec-diseno-sismo-resistente.html>

Instances where selected sources appear:

36



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Stefany Esther Alcívar Bastidas M.Sc.

DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

Ing. José Andrés Barros Cabeza, M.Sc

DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Guillermo Ponce Vásquez, M.Sc.

OPONENTE

AGRADECIMIENTO

Le doy gracias a Dios por permitirme llegar hasta el final de esta etapa, su presencia en mi vida me ayudo a superar las adversidades que se presentaron en momentos difíciles, también a mi padre Pedro Isidro Moreno Iñiguez y a mi madre Edilia Magaly Román Álvarez quienes fueron mi apoyo incondicional y que con su esfuerzo y dedicación me inspiraron día a día para seguir luchando por alcanzar mis metas, mis hermanos Andreina Magaly Moreno Roman y Pedro Andres Moreno Roman con los que compartí y conviví durante mis años como estudiante.

A los docentes, de los cuales pude obtener las mejores enseñanzas y a mis compañeros con los que no solo compartí horas en el salón de clase, sino también logros importantes en mi vida.

A mis amigos, junto a ellos nunca me sentí solo y llegaron a ser mi familia lejos del hogar.

Por último a mi tutor, el Ing. Alex Villacrés, su ayuda constante me permitió desarrollar con éxito el presente proyecto de titulación.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a toda mi familia, en especial a mis padres, su ayuda fue fundamental para lograr esta meta y me inspiraron cada día su esfuerzo y dedicación.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Alcance.....	3
1.5. Metodología.....	4
CAPÍTULO II : RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	5
2.1. Informe de diarios.....	6
CAPÍTULO III : EDIFICACIONES AFECTADAS POR LOS SISMOS A PARTIR DE 1977 Y SU TIPO DE SUELO.....	12
3.1. Casos de estudio para la provincia del Guayas.....	12
3.2. Casos de estudio para la provincia de Manabí.....	13
3.3. Sismo 4 de agosto de 1998.....	15
3.4. Edificaciones afectadas en Guayaquil por el sismo del 4 de agosto de 1980.....	15
3.4.1. Iglesia de la Merced	15
3.5. Edificaciones afectadas en Manabí por el sismo del 4 de agosto de 1998. 18	
3.5.1. Capilla de la Medalla Milagrosa.....	18
3.5.2. Iglesia de la Merced	19
3.6. Sismo 16 de abril del 2016.....	20
3.7. Edificaciones afectadas en Guayaquil por el sismo del 16 de abril del 2016.....	21
3.7.1. La Catedral.....	21
3.7.2. Iglesia La Victoria.....	25
3.7.3. Iglesia de la Merced.....	28

3.7.4. Iglesia San José.....	29
3.7.5. Iglesia San Alejo.....	33
3.7.6. Iglesia San Francisco.....	36
3.8. Edificaciones afectadas en Manabí por el sismo del 16 de abril del 2016. 40	
3.8.1. Catedral metropolitana en Portoviejo.....	40
3.8.2. Iglesia de La Merced en Portoviejo.....	42
3.8.3. Nuestra Señora del Rosario.....	44
3.8.4. Catedral La Dolorosa en Manta.....	45
3.8.5. Iglesia de La Merced en Bahía de Caráquez.....	47
3.8.6. Capilla de la Medalla Milagrosa.....	48
3.9. Tipos de perfiles de suelos para diseño sísmico.....	50
3.10. Tipo de suelos en Guayaquil.....	50
3.10.1. Clasificación de los perfiles de suelo según NEC – 15.....	53
3.11. Tipo de suelos en Portoviejo.....	54
3.12. Tipo de suelos en Manta.....	55
3.13. Tipo de suelos en Bahía de Caráquez.....	58
CAPITULO IV: METODOLOGIA.....	60
4.1. Curvas de peligro sísmico.....	60
4.2. Zonificación sísmica y factor de zona Z.....	62
4.3. Factor Z Guayaquil.....	64
4.4. Factor Z Portoviejo.....	64
4.5. Factor Z Manta.....	65
4.6. Factor Z Bahía de Caráquez.....	65
4.7. Espectro de respuesta elástico de diseño en aceleraciones.....	66
4.7.1. Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs.....	66
4.8. Periodo de vibración de las estructuras.....	71
4.9. Espectro de respuesta elástica de diseño en desplazamientos.....	72
4.10. Derivas máximas de piso.....	74

4.11. Niveles de desempeño sísmico en estructuras especiales.....	75
4.12. Factor de reducción sísmica (R).....	76
4.13. Estaciones acelerográficas en Ecuador.....	77
4.14. Acelerógrafos en Guayaquil	79
4.14.1. Tipo de suelo en las estaciones de Guayaquil.....	79
4.15. Acelerógrafos en Manabí.....	80
CAPITULO V: MEMORIA DE CALCULO	81
5.1. Espectro de respuesta de la curva de peligro sísmico para suelo tipo B, Guayaquil.....	81
5.1.1. Sismo frecuente	81
5.1.2. Sismo ocasional	82
5.1.3. Sismo raro	83
5.1.4. Sismo muy raro	84
5.1.5. Espectros de respuesta curva de peligro sísmico Guayaquil para suelo tipo B.....	85
5.2. Espectro de respuesta de la curva de peligro sísmico para suelo tipo B, Portoviejo.....	86
5.2.1. Sismo frecuente	86
5.2.2. Sismo ocasional	87
5.2.3. Sismo raro	88
5.2.4. Sismo muy raro	89
5.2.5. Espectros de respuesta curva de peligro sísmico Portoviejo en suelo tipo B.....	90
5.3. Espectro de respuesta elástica de diseño en aceleraciones, Guayaquil.....	91
5.3.1. Sismo frecuente	91
5.3.2. Sismo ocasional	92
5.3.3. Sismo raro	93
5.3.4. Sismo muy raro	94
5.3.5. Espectros de respuesta elástica de diseño en aceleraciones, Guayaquil suelo tipo E.....	95

5.4. Espectro de respuesta elástica de diseño en aceleraciones, Portoviejo.	96
5.4.1. Sismo frecuente	96
5.4.2. Sismo ocasional	97
5.4.3. Sismo raro	98
5.4.4. Sismo muy raro	99
5.4.5. Espectros de respuesta elástica de diseño en aceleraciones, Portoviejo suelo tipo D.	100
5.5. Periodo de vibración para casos de estudio, Guayas y Manabí ...	101
5.6. Espectros de respuesta de sitio de aceleración y desplazamiento para las provincias de Guayas y Manabí	102
5.6.1. Espectros de respuesta de estación - Guayaquil.....	102
5.6.2. Espectros de respuesta de estación – Portoviejo	104
5.6.3. Espectros de respuesta de estación – Manta	105
5.6.4. Espectros de respuesta de estación – Chone	107
5.7. Desempeño sísmico	108
5.8. Iglesia de la Merced.....	110
5.8.1. Tipo de sismo	110
5.8.2. Desplazamiento elástico y derivas inelástica	111
5.8.3. Factor de reducción efectivo.....	112
5.8.4. Ficha de desempeño sísmico	112
5.9. Iglesia de la Merced.....	113
5.9.1. Tipo de sismo	114
5.9.2. Desplazamiento elástico y derivas inelástica	114
5.9.3. Factor de reducción efectivo.....	116
5.9.4. Ficha de desempeño sísmico	116
5.10. Capilla de la Medalla Milagrosa.....	117
5.10.1. Tipo de sismo	118
5.10.2. Desplazamiento elástico y derivas inelástica	118
5.10.3. Factor de reducción efectivo	120
5.10.4. Ficha de desempeño sísmico	120
5.11. Catedral de Guayaquil	121

5.11.1.	Tipo de sismo	122
5.11.2.	Desplazamiento elástico y derivas inelástica	122
5.11.3.	Factor de reducción efectivo	124
5.11.4.	Ficha de desempeño sísmico	124
5.12.	Iglesia de La Victoria.....	125
5.12.1.	Tipo de sismo	126
5.12.2.	Desplazamiento elástico y derivas inelástica	126
5.12.3.	Factor de reducción efectivo	128
5.12.4.	Ficha de desempeño sísmico	128
5.13.	Iglesia San Francisco.....	129
5.13.1.	Tipo de sismo	130
5.13.2.	Desplazamiento elástico y derivas inelástica	130
5.13.3.	Factor de reducción efectivo	132
5.13.4.	Ficha de desempeño sísmico	132
5.14.	Iglesia San Alejo	133
5.14.1.	Tipo de sismo	133
5.14.2.	Desplazamiento elástico y derivas inelástica	134
5.14.3.	Factor de reducción efectivo	135
5.14.4.	Ficha de desempeño sísmico	136
5.15.	Iglesia San José.....	137
5.15.1.	Tipo de sismo	137
5.15.2.	Desplazamiento elástico y derivas inelástica	138
5.15.3.	Factor de reducción efectivo	140
5.15.4.	Ficha de desempeño sísmico	140
5.16.	Iglesia de la Merced.....	141
5.16.1.	Tipo de sismo	141
5.16.2.	Desplazamiento elástico y derivas inelástica	142
5.16.3.	Factor de reducción efectivo	144
5.16.4.	Ficha de desempeño sísmico	144
5.17.	Catedral Metropolitana	145
5.17.1.	Tipo de sismo	145
5.17.2.	Desplazamiento elástico y derivas inelástica	146

5.17.3.	Factor de reducción efectivo	147
5.17.4.	Ficha de desempeño sísmico	148
5.18.	Iglesia de la Merced.....	149
5.18.1.	Tipo de sismo	150
5.18.2.	Desplazamiento elástico y derivas inelástica	150
5.18.3.	Factor de reducción efectivo	151
5.18.4.	Ficha de desempeño sísmico	152
5.19.	Catedral de la Dolorosa	153
5.19.1.	Tipo de sismo	153
5.19.2.	Desplazamiento elástico y derivas inelástica	154
5.19.3.	Factor de reducción efectivo	155
5.19.4.	Ficha de desempeño sísmico	156
5.20.	Iglesia Nuestra Señora del Rosario.....	157
5.19.5.	Tipo de sismo	157
5.19.6.	Desplazamiento elástico y derivas inelástica	158
5.19.7.	Factor de reducción efectivo	160
5.19.8.	Ficha de desempeño sísmico	160
5.21.	Iglesia de la Merced.....	161
5.20.1.	Tipo de sismo	161
5.20.2.	Desplazamiento elástico y derivas inelástica	162
5.20.3.	Factor de reducción efectivo	163
5.20.4.	Ficha de desempeño sísmico	164
5.22.	Capilla de la Medalla Milagrosa.....	165
5.21.1.	Tipo de sismo	165
5.21.2.	Desplazamiento elástico y derivas inelástica	166
5.21.3.	Factor de reducción efectivo	168
5.21.4.	Ficha de desempeño sísmico	168
5.23.	Resumen de los datos obtenidos	169
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		171
Bibliografía		174

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Lista de edificaciones escogidas en la prov. de Guayaquil y sus respectivas ubicaciones.	12
Tabla 2 Lista de edificaciones escogidas en la prov. de Manabí y sus respectivas ubicaciones.	14
Tabla 3 Ficha de estudio de la Iglesia de la Merced.	17
Tabla 4 Ficha de estudio de la Catedral de Guayaquil.	23
Tabla 5 Ficha de estudio de la iglesia La Victoria.	26
Tabla 6 Ficha de estudio de la iglesia San José.	32
Tabla 7 Ficha de estudio de la iglesia San Alejo.	35
Tabla 8 Ficha de estudio de la iglesia San Francisco.	39
Tabla 9 Clasificación de los perfiles de suelo.	50
Tabla 10 Caracterización Geotécnica de los materiales en función de las Vs	53
Tabla 11 Tipo de perfiles para casos de estudio en Guayaquil.	53
Tabla 12 Tipo de perfiles para casos de estudio en Portoviejo.	55
Tabla 13 Tipo de perfiles para casos de estudio en Manta.	57
Tabla 14 Tipo de perfiles para casos de estudio en Bahía de Caráquez.	59
Tabla 15 Nivel de amenaza sísmica.	62
Tabla 16 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.	63
Tabla 17 Valor Z de un sismo raro para la ciudad de Guayaquil.	64
Tabla 18 Valores del factor Z en función de la zona sísmica de Guayaquil.	64
Tabla 19 Valor Z de un sismo raro para la ciudad de Portoviejo.	64
Tabla 20 Valores del factor Z en función de la zona sísmica de Portoviejo.	65

Tabla 21 Valor Z de un sismo raro para la ciudad de Manta	65
Tabla 22 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada en Manta.	65
Tabla 23 Valor Z de un sismo raro para la ciudad de Bahía de Caráquez....	66
Tabla 24 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada en Bahía de Caráquez.	66
Tabla 25 Tipos de suelo y factores Fa.	67
Tabla 26 Tipos de suelo y factores Fd.	67
Tabla 27 Tipo de suelo y factores de comportamiento inelástico del suelo. .	68
Tabla 28 Los coeficientes C_t para cada tipo de estructura.	72
Tabla 29 Valores de ΔM máximos, expresados como fracción de la altura de piso.....	74
Tabla 30 Nivel de desempeño estructural para estructuras esenciales y de uso especial	75
Tabla 31 Síntesis de la filosofía de diseño estructuras normales.....	75
Tabla 32 Factor de reducción de respuesta R para estructuras diferentes a las de edificación	77
Tabla 33 Estaciones de acelerómetros con su respectiva ubicación geográfica.	78
Tabla 34 Características del tipo de suelo en las estaciones de Manabí.....	80
Tabla 35 Datos hallados para un sismo frecuente en base a la curva de peligro sísmico para Guayaquil.....	81
Tabla 36 Datos hallados para un sismo ocasional en base a la curva de peligro sísmico para Guayaquil.....	82
Tabla 37 Datos hallados para un sismo raro en base a la curva de peligro sísmico para Guayaquil.....	83

Tabla 38 Datos hallados para un sismo muy raro en base a la curva de peligro sísmico para Guayaquil.....	84
Tabla 39 Datos hallados para un sismo frecuente en base a la curva de peligro sísmico para Portoviejo.	86
Tabla 40 Datos hallados para un sismo ocasional en base a la curva de peligro sísmico para Portoviejo.	87
Tabla 41 Datos hallados para un sismo ocasional en base a la curva de peligro sísmico para Portoviejo.	88
Tabla 42 Datos hallados para un sismo ocasional en base a la curva de peligro sísmico para Portoviejo.	89
Tabla 43 Periodo de vibración de las estructuras en Guayas y Manabí.	101
Tabla 44 Modificación de las ordenadas del acelerograma AMNT - suelo tipo D.....	105
Tabla 45 Modificación de las abscisas del acelerograma AMNT - suelo tipo D	105
Tabla 46 Listado de las edificaciones de ocupación especial a evaluar, provincias de Guayas y Manabí.....	108
Tabla 47 Deriva de la Iglesia de la Merced	111
Tabla 48 Derivas de la Iglesia de la Merced.....	115
Tabla 49 Derivas de la Capilla de la medalla Milagrosa	119
Tabla 50 Derivas de la Catedral.....	123
Tabla 51 Derivas de la Iglesia de La Victoria.	127
Tabla 52 Derivas de la Iglesia San Francisco.	131
Tabla 53 Derivas de la Iglesia San Alejo.	135
Tabla 54 Derivas de la Iglesia San José.....	139

Tabla 55 Deriva de la Iglesia de la Merced	143
Tabla 56 Deriva de la Catedral Metropolitana	147
Tabla 57 Deriva de la Iglesia de la Merced	151
Tabla 58 Deriva de la Catedral de la Dolorosa.....	155
Tabla 58 Deriva de la Catedral de la Dolorosa.....	159
Tabla 59 Deriva de la Iglesia de la Merced	163
Tabla 60 Deriva de la Capilla de la Medalla Milagrosa	167
Tabla 61 Tabla de resultados obtenidos.....	169

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Daños en iglesia de La Victoria en Guayaquil alarman a fieles por los daños persistentes desde el sismo del 2016, extraída de diario El Universo, 01 de mayo del 2019.	7
Ilustración 2 Iglesia de Jama afectada por terremoto del 2016, casi lista. Extraída de diario El Universo, 24 de mayo del 2017.	8
Ilustración 3 Segunda tragedia: La iglesia La Dolorosa fue cerrada y sin fecha para reabrir. Diario La Marea, sábado 21 de octubre del 2016	9
Ilustración 4 Seis meses durará reparación de la Catedral de Portoviejo afectada por el terremoto del 16 de abril del 2016, extraída del diario El Universo, 01 de octubre del 2016	10
Ilustración 5 Foto del antiguo banco continental adosado a la Iglesia de la Merced, 1985. Imagen extraída de cisepp.com	16
Ilustración 6 Antigua Capilla de la Medalla Milagrosa a principios de los años 50.	18
Ilustración 7 Iglesia de la Merced principio de los años 20.....	20
Ilustración 8 Iglesia de la Merced mediados de los años 60.....	20
Ilustración 9 Vista aérea de la Catedral de Guayaquil antes de ser afectada por el sismo del 16 de abril del 2016. Foto extraída de catedraldeguayaquil.org, 2019.....	22
Ilustración 10 Daños presentados en el baldaquino como grietas y pérdida de elementos, a la derecha se puede observar las piezas recuperadas. Fuente Andrei Moreno 15/10/2019.....	24
Ilustración 11 Malla de protección para evitar que la caída de algún escombros o ventanal producto del movimiento durante los sismos. Fuente Andrei Moreno.	25

Ilustración 12 Daños en iglesia de La Victoria en Guayaquil, resquebrajamiento de las cúpulas. Extraída de diario El Universo, 01 de mayo del 2019.	27
Ilustración 13 Daños en la fachada del Templo de La Merced por adosamiento y colisión con el edificio de la Fiscalía del Guayas (ex – Banco Continental) durante movimientos sísmicos. Obtenido de Andrei Moreno.....	28
Ilustración 14 Caída de fragmentos de mampostería de la torre Este durante el sismo del 27 de noviembre de 2017. Obtenida de Alex Villacrés.....	29
Ilustración 15 Vista lateral de la iglesia San José, se puede apreciar el estilo Lombardo.....	30
Ilustración 16 Interior de la iglesia San José, se observa el desnivel de las naves y la separación de pilares cada 5 metros.	31
Ilustración 17 Iglesia San José con daños leves como fisuras en el empastado de paredes interiores y agrietamiento en tumbado.	33
Ilustración 18 Foto interior de la iglesia San Alejo.....	34
Ilustración 19 Estado actual de la iglesia San Francisco.....	37
Ilustración 20 Zona lateral derecha, lugar donde funcionan varios locales comerciales.....	37
Ilustración 21 Comienzo de trabajos de demolición parcial de la Catedral de Portoviejo, la Iglesia Mayor de la provincia. Extraída del diario El Diario, 07 de octubre del 2016	41
Ilustración 22 Fallas estructurales en tumbado y piso	41
Ilustración 23 Caída del recubrimiento del tumbado en las naves.	42
Ilustración 24 Iglesia de La Merced en Portoviejo, no presenta daños graves.	43
Ilustración 25 Ventanales rotos y desplome de figuras religiosas fue el resultado del sismo del 16 de abril de 2016.	43

Ilustración 26 Iglesia Nuestra Señora del Rosario después del sismo del 16 de abril del 2016 con múltiples fallas, parroquia Tarqui-Manta.	44
Ilustración 27 Proceso de demolición al que fue sometida la iglesia de Nuestra Señora del Rosario, Manta.....	45
Ilustración 28 Fisuras en la torre del campanario de la Catedral de la Dolorosa, Manta	46
Ilustración 29 Caída de mampostería interna y externa de la Catedral de la Dolorosa, Manta.....	46
Ilustración 30 Iglesia de La Merced en Bahía de Caráquez, no presento daños. Obtenida de Ing. Alex Villacrés.	47
Ilustración 31 Interior de la iglesia de La Merced, se puede observar los pilares y el altar de madera junto con otros elementos rústicos tal como se uso en el modelo original.....	48
Ilustración 32 Vista exterior de la capilla de la Medalla Milagrosa, actualmente templo de velaciones. Bahía de Caráquez	49
Ilustración 33 Fisuras provocadas por el poco mantenimiento recibido, Bahía de Caráquez.	49
Ilustración 34 Mapa Actualizado Geológico de la ciudad de Guayaquil. Obtenida de GEO ESTUDIOS, 2015.	51
Ilustración 35 Leyenda de Mapa Geológico de la ciudad de Guayaquil. Obtenido de GEO ESTUDIOS, 2015.	52
Ilustración 36 Iglesias para caso de estudio en Guayaquil. Extraída de Google Earth.....	52
Ilustración 37 Ubicación de la Catedral de Portoviejo y la Iglesia de La Merced. Extraído de Google Earth.....	54
Ilustración 38 Caracterización de suelo mediante ondas de corte Vs 30 - Portoviejo.	55

Ilustración 39 Ubicación de la Catedral de la Dolorosa y la iglesia de Nuestra Señora del Rosario en la ciudad de Manta. Extraído de Google Earth.....	56
Ilustración 40 Caracterización de suelo mediante ondas de corte Vs 30 - Manta.	57
Ilustración 41 Ubicación de la iglesia de La Merced y el templo de velaciones en la ciudad de Bahía de Caráquez. Extraído de Google Earth.	58
Ilustración 42 Caracterización de suelo mediante ondas de corte Vs 30 - Bahía de Caráquez.	59
Ilustración 43 Curva de peligro sísmico para Guayaquil.....	61
Ilustración 44 Curva de peligro sísmico para Portoviejo.	61
Ilustración 45 Mapa de las zonas sísmicas en Ecuador.	63
Ilustración 46 Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.....	69
Ilustración 47 Valores η para cada región en Ecuador.	70
Ilustración 48 Espectro sísmico elástico de desplazamientos para diseño..	73
Ilustración 49 Distribución de equipos acelerográficos en el Ecuador.	78
Ilustración 50 Ubicación de las diferentes estaciones distribuidas en la ciudad de Guayaquil.....	79
Ilustración 51 Espectro de respuesta para un sismo frecuente, Guayaquil suelo tipo B.	82
Ilustración 52 Espectro de respuesta para un sismo ocasional, Guayaquil suelo tipo B.	83
Ilustración 53 Espectro de respuesta para un sismo raro, Guayaquil suelo tipo B.	84
Ilustración 54 Espectro de respuesta para un sismo muy raro, Guayaquil suelo tipo B.	85

Ilustración 55 Espectros de respuesta curva de peligro sísmico para Guayaquil, suelo tipo B.....	85
Ilustración 56 Espectro de respuesta para un sismo frecuente, Portoviejo suelo tipo B.	87
Ilustración 57 Espectro de respuesta para un sismo ocasional, Portoviejo suelo tipo B.	88
Ilustración 58 Espectro de respuesta para un sismo raro, Portoviejo suelo tipo B.	89
Ilustración 59 Espectro de respuesta para un sismo muy raro, Portoviejo suelo tipo B.	90
Ilustración 60 Espectros de respuesta curva de peligro sísmico para Portoviejo, suelo tipo B.....	90
Ilustración 61 Espectro de respuesta elástica para un sismo frecuente, Guayaquil suelo tipo E.....	91
Ilustración 62 Espectro de respuesta elástica para un sismo ocasional, Guayaquil suelo tipo E.....	92
Ilustración 63 Espectro de respuesta elástica para un sismo raro, Guayaquil suelo tipo E	93
Ilustración 64 Espectro de respuesta elástica para un sismo muy raro, Guayaquil suelo tipo E.....	94
Ilustración 65 Espectros de respuesta elástica de diseño en aceleraciones, Guayaquil suelo tipo E.....	95
Ilustración 66 Espectro de respuesta elástica para un sismo frecuente, Portoviejo suelo tipo D.....	96
Ilustración 67 Espectro de respuesta elástica para un sismo ocasional, Portoviejo suelo tipo D.....	97

Ilustración 68 Espectro de respuesta elástica para un sismo raro, Portoviejo suelo tipo D.	98
Ilustración 69 Espectro de respuesta elástica para un sismo muy raro, Portoviejo suelo tipo D.....	99
Ilustración 70 Espectros de respuesta elástica de diseño en aceleraciones, Portoviejo suelo tipo D.....	100
Ilustración 71 Espectro de respuesta de aceleración de sitio, estación GYE1 – suelo tipo E	103
Ilustración 72 Espectro de respuesta de aceleración de sitio, estación GYE1 – suelo tipo E	103
Ilustración 73 Espectro de respuesta de aceleración de sitio, estación APO1 – suelo tipo D	104
Ilustración 74 Espectro de respuesta de aceleración de sitio, estación APO1 – suelo tipo D.	104
Ilustración 75 Espectro de respuesta de aceleración de sitio, estación AMNT – suelo tipo D (modificado).....	106
Ilustración 76 Espectro de respuesta de desplazamiento de sitio, estación AMNT – suelo tipo D (modificado).	106
Ilustración 77 Espectro de respuesta de aceleración de sitio, estación ACHN – suelo tipo D.....	107
Ilustración 78 Espectro de respuesta de desplazamiento de sitio, estación ACHN – suelo tipo D.....	107
Ilustración 79 Desempeño sísmico de Iglesia de la Merced, Guayaquil.	110
Ilustración 80 Desplazamiento de respuesta Iglesia de la Merced (1998), Guayaquil - Estación GYE1(suelo tipo E).....	111
Ilustración 81 Factor de reducción efectiva de la Iglesia de la Merced (1998), Guayaquil.....	112

Ilustración 82 Desempeño sísmico Iglesia de la Merced (1998), Bahía de Caráquez.....	114
Ilustración 83 Desplazamiento de respuesta Iglesia de la Merced (1998), Bahía de Caráquez - Estación ACHN(suelo tipo D).....	115
Ilustración 84 Factor de reducción efectiva de la Iglesia de la Merced (1998), Bahía de Caráquez.....	116
Ilustración 85 Desempeño del templo de la Medalla Milagrosa(1998), Bahía de Caráquez	118
Ilustración 86 Desplazamiento de respuesta de la Capilla de la Medalla Milagrosa(1998), Bahía de Caráquez - Estación ACHN(suelo tipo D).	119
Ilustración 87 Factor de reducción efectiva de la Iglesia de la Merced (1998), Bahía de Caráquez.....	120
Ilustración 88 Desempeño del templo de la Catedral (2016), Guayaquil. ...	122
Ilustración 89 Desplazamiento de respuesta de la Catedral(2016), Guayaquil - Estación GYE1(suelo tipo E).....	123
Ilustración 90 Factor de reducción efectiva de la Iglesia de la Merced (1998), Bahía de Caráquez.....	124
Ilustración 91 Desempeño de la iglesia de La Victoria(2016), Guayaquil. ..	126
Ilustración 92 Desplazamiento de respuesta de la Iglesia de La Victoria(2016), Guayaquil - Estación GYE1(suelo tipo D).....	127
Ilustración 93 Factor de reducción efectiva de la iglesia de La Victoria(2016), Guayaquil.....	128
Ilustración 94 Desempeño de la iglesia San Francisco(2016), Guayaquil. .	130
Ilustración 95 Desplazamiento de respuesta de la Iglesia San Francisco(2016), Guayaquil - Estación GYE1(suelo tipo D).....	131
Ilustración 96 Factor de reducción efectiva de la iglesia San Francisco(2016), Guayaquil.....	132

Ilustración 97 Desempeño de la iglesia San Alejo(2016), Guayaquil.	134
Ilustración 98 Desplazamiento de respuesta de la Iglesia San Alejo(2016), Guayaquil – Estación GYE1(suelo tipo D).	135
Ilustración 99 Factor de reducción efectiva de la iglesia San Alejo(2016), Guayaquil.	136
Ilustración 100 Desempeño de la iglesia San José(2016), Guayaquil.	138
Ilustración 101 Desplazamiento de respuesta de la Iglesia San José(2016), Guayaquil – Estación GYE1(suelo tipo D).	139
Ilustración 102 Factor de reducción efectiva de la iglesia San José(2016), Guayaquil.	140
Ilustración 103 Desempeño sísmico de Iglesia de la Merced, Guayaquil. ..	142
Ilustración 104 Desplazamiento de respuesta Iglesia de la Merced (2016), Guayaquil - Estación GYE1(suelo tipo E)	143
Ilustración 105 Factor de reducción efectiva de la Iglesia de la Merced (2016), Guayaquil.	144
Ilustración 106 Desempeño sísmico de la Catedral Metropolitana, Portoviejo.	146
Ilustración 107 Desplazamiento de respuesta la Catedral Metropolitana, Portoviejo (2016) - Estación APO1(suelo tipo D)	147
Ilustración 108 Factor de reducción efectiva de la Iglesia de la Merced (2016), Guayaquil.	148
Ilustración 109 Desempeño sísmico de Iglesia de la Merced, Portoviejo. ..	150
Ilustración 110 Desplazamiento de respuesta Iglesia de la Merced (2016), Portoviejo - Estación APO1(suelo tipo D)	151
Ilustración 111 Factor de reducción efectiva de la Iglesia de la Merced (2016), Manta.	152

Ilustración 112 Desempeño sísmico de la Catedral de la Dolorosa, Manta.	154
Ilustración 113 Desplazamiento de respuesta Catedral de la Dolorosa (2016), Manta - Estación AMNT(suelo tipo D)	154
Ilustración 114 Factor de reducción efectiva de la Catedral la Dolorosa(2016), Manta.	156
Ilustración 112 Desempeño sísmico de la Catedral de la Dolorosa, Manta.	158
Ilustración 113 Desplazamiento de respuesta Catedral de la Dolorosa (2016), Manta - Estación AMNT(suelo tipo D)	159
Ilustración 114 Factor de reducción efectiva de la Catedral la Dolorosa(2016), Manta.	160
Ilustración 115 Desempeño sísmico de Iglesia de la Merced, Bahía de Caráquez.....	162
Ilustración 116 Desplazamiento de respuesta Iglesia de la Merced (2016), Bahía de Caráquez - Estación ACHN(suelo tipo D)	163
Ilustración 117 Factor de reducción efectiva de la Iglesia de la Merced (2016), Manta.	164
Ilustración 118 Desempeño sísmico la Capilla de la Medalla Milagrosa, Bahía de Caráquez.	166
Ilustración 119 Desplazamiento de respuesta de la Capilla de la Medalla Milagrosa(2016), Bahía de Caráquez - Estación ACHN(suelo tipo D)	167
Ilustración 120 Factor de reducción efectiva de la Iglesia de la Merced (2016), Manta.	168

RESUMEN

Para el siguiente trabajo de titulación se recopiló información de diferentes diarios que circulan a nivel nacional y que tengan registros de los sismos que han afectado a las provincias de Guayas y Manabí enfocándose en aquellos que mantienen su central de noticias en las zonas de estudio. De igual forma revistas, artículos nacionales e internacionales relacionados con la construcción, sitios web, informes técnicos, estudios de suelos y toda la información a la que se pudo tener acceso para corroborar los resultados presentados. Se identificó las catedrales, iglesias y templos que han presentado daños estructurales y arquitectónicos durante los diferentes sismos ocurridos en Ecuador a partir de 1977 y se creó un listado para casos de estudio. Para estos casos los sismos que más relevancia han tenido sobre sus estructuras son el del 18 de agosto de 1998 y 16 de abril del 2016. Se estudió cada caso y se identificó el nivel de amenaza sísmica mediante curvas de peligro, además en base a sus periodos se pudo establecer que tipo de sismo afectó a la edificación: frecuente, ocasional, raro y muy raro. Para realizar espectros de respuesta de sitio y diseño se usó datos obtenidos de diferentes estaciones acelerográficas distribuidas en las provincias de estudio, estos espectros nos permiten conocer cuánto se desplazó cada estructura y determinar si se cumplió con lo establecido en la Norma Ecuatorial de la Construcción (NEC - 15).

Palabras Claves: edificaciones, estructura, vulnerabilidad, espectro de respuesta, desempeño, periodo, derivas

ABSTRACT

For the following degree work, information was collected from different newspapers that circulate nationally and that have records of the earthquakes that have affected the provinces of Guayas and Manabí focusing on those that maintain their news center in the study areas. Similarly, magazines, national and international articles related to construction, websites, technical reports, soil studies and all the information that could be accessed to corroborate the results presented were consulted. The cathedrals, churches and temples that have presented structural and architectural damage during the different earthquakes that occurred in Ecuador since 1977 were identified and a list was created for case studies. For these cases, the earthquakes that have had more relevance on the structures are that of August 4, 1998 and April 16, 2016. Each case was studied, and the level of seismic risk was identified by hazard curves, also based on their vibration periods, it was possible to establish what type of earthquake affected the building: frequent, occasional, rare and very rare. To carry out site and design response spectra, data obtained from different accelerographic stations distributed in the provinces of study were used, these spectra allow us to know how much each structure moves and determine if it complies with what is established in (NEC - 15).

Key words: buildings, structure, vulnerability, response spectrum, performance, period of vibration, drifts.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes.

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 se consideran: las catedrales, iglesias o templos. En dichas edificaciones se deben limitar los daños estructurales pudiendo así elevar el nivel de seguridad y mantener sus operaciones aún después de que ocurra un sismo.

No obstante, durante los sismos ocurridos después de la aparición del Código Ecuatoriano de la Construcción de 1977, se pudo observar numerosos casos de catedrales, iglesias y templos que sufrieron daños que los dejaron fuera de operación, 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, hubo varios casos de ese tipo de edificios que quedaron fuera de operación después del evento.

Y por el contrario, hubo casos de edificaciones de ese tipo que continuaron en operación y prestando servicios, aún después de sismos ocasionales o raros.

1.2. Justificación.

En el Ecuador 8 de cada 10 ciudadanos pertenecen a una filiación religiosa manteniendo un vinculo cercano o al menos conocimiento sobre la historia de esta; además de, obtener el conocimiento del estado actual de las iglesias y templos históricos se podrá evidenciar como los sismos ocurridos desde 1977 y la forma de construcción empleada en el pasado juega un papel importancia en la conservación de este tipo de edificaciones.

Según datos presentados por el INEC aproximadamente el 80% de la población ecuatoriana pertenecen a la religión católica por lo cual se propone mantener el enfoque en la iglesia de esta religión para la provincia de Guayas y Manabí considerando también que son las más antiguas en dichas provincias.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general.

Definir si el desempeño de Catedrales, Iglesias o Templos; 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.

Basados en la información antes recopilada para el caso de edificaciones tales como catedrales, iglesias y templo. Se busca medir los niveles de frecuencia y amenaza sísmica (sismos frecuente, ocasional, raro o muy raro) para ello también se deberá determinar el tipo de suelo donde están las iglesias y como se comporta ante la presencia de un sismo.

Comprobando el estado actual y mediante un seguimiento de las adecuaciones que se hayan hecho en las iglesias se podrá saber cuales son los daños presentes en la actualidad y su condición para saber que tan operativas pueden ser estas edificaciones.

Siguiendo con el trabajo se determinará el factor de reducción efectivo de la respuesta elástica: Relación entre el espectro de respuesta de norma definido para 475 años de período de retorno y el espectro de respuesta del movimiento sísmico real.

Por último definir el nivel de deriva elástica o inelástica que se obtendrá a partir del espectro de desplazamiento elástico del sismo real.

1.5. Metodología.

Se recopilara información existente sobre catedrales, iglesias y templos, 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 período de vibración fundamental de cada edificación, de acuerdo a las especificaciones de la misma norma.

También 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.

CAPÍTULO II : RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.

Para el desarrollo del siguiente trabajo de titulación se busca recopilar información concerniente a catedrales, iglesias y templos que hayan sido afectados por sismos a partir del año 1977. Para ellos se investigó noticias publicadas por periódicos de circulación nacional y provincial, sitios web de noticias, reportes de daños y estudios técnicos que se hayan realizado durante la historia de las edificaciones en cuestión.

Para el caso del terremoto del 2016 se trabajó en su mayoría con diarios tales como El Universo, El Comercio, Expreso, El Diario y de igual forma sus sitios web respectivamente. Al ser el terremoto más reciente se pudo encontrar mayor información y de manera más fácil.

De igual forma se busco en reportes e informes que se realizaron después del terremoto como el reporte del GEER-ATC acerca del terremoto del 16 de abril del 2016 cuyos autores son Sissy Nikolaou (WSP | Parsons Brinckerhoff) y Xavier Vera-Grunauer (Universidad Católica de Guayaquil, Geoestudios) en donde se indica cuales fueron las estructuras más afectas.

También se extrajo información del Proyecto Radius realizado en el año 1999 en la ciudad de Guayaquil y dirigido por el ingeniero Jaime Argudo. Esto ya que en dicho proyecto se expuso los daños por los cuales han pasado los diferentes templos en la ciudad de Guayaquil a causa de los sismos ocurridos hasta dicha fecha, cabe mencionar aquí se mencionan daños generados a lo largo de toda la historia, para nuestro caso se tomaran en cuenta los casos a partir de 1977.

2.1. Informe de diarios.

Daños en iglesia de La Victoria en Guayaquil alarman a fieles. El Universo, miércoles 01 de mayo del 2019.

El diario El Universo reportó que, durante el terremoto de magnitud 7,8 que sacudió al país en abril del 2016 y el poco mantenimiento que ha recibido desde su fundación han propiciado que su estructura sufra daños.

Un estudio realizado en el templo meses después de ese sismo reflejó que las torres de la iglesia podrían colapsar. La firma que realizó la evaluación recomendó la demolición y reconstrucción de las torres. Según el párroco Gonzalo Zapata, este costo supera los 300.000 dólares.

Al ir subiendo las torres por su parte interna se puede observar claramente el deterioro de las paredes y como estas se van desmoronando, los componentes internos como las campanas y el reloj están en mal estado y su movimiento puede ocasionar que la estructura ceda.

Desde la cúpula se han desprendido pedazos de cemento que caían en el interior de la iglesia. Para evitar que alguna persona resulte herida colocaron mallas en el centro, de manera provisional. Algunos ventanales de la cúpula también están rotos.

Dentro del templo, la situación es alarmante. El recubrimiento de algunos pilares se ha desprendido. El piso, en varios tramos, está hundido, mientras que hay paredes con fisuras. (El Universo, 2019)



Ilustración 1 Daños en iglesia de La Victoria en Guayaquil alarman a fieles por los daños persistentes desde el sismo del 2016, extraída de diario El Universo, 01 de mayo del 2019.

Iglesia de Jama afectada por terremoto, casi lista. El universo, miércoles 24 de mayo del 2017.

La iglesia de Nuestra Señora del Carmen de Jama, Manabí resultó totalmente afectada por el terremoto del 16 de abril de 2016. Durante el terremoto los daños en la iglesia no dejaron heridos debido a que esta aún no había sido abierta al público. Luego de esa fecha, una semana después, el templo empezó a funcionar en la avenida Jama, pero después colocaron una carpa para la realización de todo tipo de actividades religiosas, como matrimonios, bautizos, confirmaciones, a un costado de la iglesia.

Luego de la construcción de nuevas paredes, cubierta, acabado y pintado interior y exterior de la edificación, trabajos que duraron seis meses, el templo católico ya presenta una imagen renovada y podrá ser utilizado por los devotos católicos del cantón y los visitantes. (Zambrano, 2017)



Ilustración 2 Iglesia de Jama afectada por terremoto del 2016, casi lista. Extraída de diario El Universo, 24 de mayo del 2017.

Segunda tragedia: La iglesia La Dolorosa fue cerrada y sin fecha para reabrir. El Diario, sábado 21 de octubre del 2016.

Diario LaMarea dice, inicialmente se pensó que sería demolida, pero una evaluación particular contratada por la Arquidiócesis de Manabí determinó que se podía reparar.

El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (Miduvi) aprobó la reconstrucción. Sin embargo, no hay el dinero para iniciar los trabajos. Además, se desconoce la cantidad de recursos que se requieren, porque el informe donde se reveló el desplazamiento de columnas superiores y daños de mampostería de la basílica no estableció el avalúo económico por los daños.

No hay riesgo de colapso, pero se recomienda colocar tensores en algunos segmentos, hacer inyecciones de hormigón y colocar refuerzos en las columnas.

El terremoto no es la primera tragedia que lastima a La Dolorosa, ubicada en el barrio del mismo nombre. Mañana se cumplen 20 años de aquel día en que un avión cayó sobre la basílica y parte del sector, donde murieron 32 personas calcinadas, 30 quedaron heridas y más de 500 casas se destruyeron. (El Diario, 2016)



Ilustración 3 Segunda tragedia: La iglesia La Dolorosa fue cerrada y sin fecha para reabrir. Diario La Marea, sábado 21 de octubre del 2016

Se repara iglesia de La Merced en Portoviejo, martes 06 de septiembre del 2016.

Diario El Universo reporta que, se realizaron algunos trabajos como el reforzamiento de columnas y pintado en el templo de La Merced que fue afectada por el último terremoto, se trabajo con la asesoría de técnicos especializados que intervinieron la obra en dos etapas todo con la finalidad de mejorar la infraestructura. (El Universo, 2016)

Seis meses durará reparación de la Catedral de Portoviejo, miércoles 11 de octubre del 2016.

Diario El Universo dice, con la ayuda de dos grúas se produjo el derrocamiento de las dos torres de la Catedral portovejense cada una de 16 metros.

El proceso tomo aproximadamente 2 meses, se debió tener especial cuidado por la zona donde esta ubicada la catedral ya que algún escombro podía desprenderse inesperadamente y por la altura de las torres proyectarse a gran distancia produciendo algún daño o tragedia. El tiempo de reconstrucción fue de aproximadamente 4 meses. (El Universo , 2016)



Ilustración 4 Seis meses durará reparación de la Catedral de Portoviejo afectada por el terremoto del 16 de abril del 2016, extraída del diario El Universo, 01 de octubre del 2016

Comisión reporta daños graves en 22 iglesias tras el 16A, jueves 17 de noviembre del 2016.

El Diario Ecuador reporta, el diagnóstico fue presentado por la agrupación creada tras el sismo, denominada “Comisión para la Reconstrucción de Estructuras Parroquiales”, que fue idealizada por monseñor Lorenzo Voltolini. En este se dice que la ciudad de Portoviejo fue

el cantón con más daños en cuanto a sitios religiosos, pues resultaron afectadas cuatro iglesias: La Catedral, y los templos de San Plácido, Crucita y Colón.

Tanto la iglesia de San Plácido como la de Colón se destruyeron casi en su totalidad.

Además, la antigua curia que estaba en las calles Chile y 10 de Agosto sufrió daños estructurales; allí funcionaban Radio Católica, la librería San Pablo y el centro de acopio Santa Marta.

Manta tuvo cuatro de sus iglesias afectadas: La Sagrada Familia y la iglesia del barrio Bellavista fueron gravemente dañadas; la iglesia Nuestra Madre del Rosario fue demolida parcialmente y La Dolorosa sufrió daños estructurales.

En Chone se dañaron las iglesias de San Cayetano, Pavón y Ricaurte.

En Bolívar, la iglesia parroquial de Quiroga fue demolida. El reporte indicó que la iglesia de Calceta tuvo afectaciones en sus cuatro lados; los tres portales tendrán que ser reconstruidos; las aulas del catecismo y de Cáritas fueron demolidas.

Las iglesias de Junín, El Carmen, Rocafuerte, Jaramijó, Jama, Montecristi, Sucre, San Vicente y Pedernales también sufrieron daños graves. (El Diario, 2016)

CAPÍTULO III : EDIFICACIONES AFECTADAS POR LOS SISMOS A PARTIR DE 1977 Y SU TIPO DE SUELO

Las Provincias de Guayas y Manabí han sido más susceptibles a catástrofes durante la presencia de un cismo debido en parte; al tipo de suelo sobre el cual se edifican los templos. Como las dos provincias poseen un alto numero de iglesias se decidió elegir a 6 por cada provincia juntando un total de 12 con el fin de tomar las que tengan mayor valor histórico ya que también son las más antiguas y por ende susceptibles a daños que comprometan su integridad.

3.1. Casos de estudio para la provincia del Guayas.

Las Iglesias presentadas a continuación también fueron analizadas en el proyecto RADIUS 1999, ahí se detalla los efectos que han producido los diferentes eventos sísmicos en los templos de Guayaquil a lo largo de historia determinando que tan susceptibles pueden ser según el comportamiento que tuvieron durante dichos eventos.

Tabla 1 Lista de edificaciones escogidas en la prov. de Guayaquil y sus respectivas ubicaciones.

Nº	Templo	Características	
1	La Catedral	Provincia	Guayas
		Ciudad	Guayaquil
		Dirección	Chimborazo y 10 de agosto
2	Templo La Victoria	Provincia	Guayas
		Ciudad	Guayaquil
		Dirección	Av. Quito, Guayaquil 090311
3	Templo San Francisco	Provincia	Guayas
		Ciudad	Guayaquil

		Dirección	Chile, Guayaquil 090313
4	Iglesia San Alejo	Provincia	Guayas
		Ciudad	Guayaquil
		Dirección	Eloy Alfaro 302, Guayaquil 090313
5	Iglesia San José	Provincia	Guayas
		Ciudad	Guayaquil
		Dirección	Eloy Alfaro 530, Guayaquil 090314
6	Iglesia de La merced	Provincia	Guayas
		Ciudad	Guayaquil
		Dirección	Víctor Manuel Rendón, Guayaquil 090313

Fuente: Andrei Moreno R.

3.2. Casos de estudio para la provincia de Manabí.

La provincia de Manabí ha sido víctima de varios acontecimientos sísmicos a lo largo de su historia, cinco terremotos con magnitud de 7 grados o más, han ocurrido alrededor de los 250km del evento, desde los años 1900. Teniendo registros desde 1906 cuando un terremoto de magnitud 8.3 golpeo sus costas y fue considerado el de mayor impacto, posterior a esos años se suscitaron eventos en: 1942 (7.8 grados), 1958 (7.7 grados), 1979 (8.2 grados), 1998 (7.1 grados). (Teleamazonas noticias , 2016)

Tabla 2 Lista de edificaciones escogidas en la prov. de Manabí y sus respectivas ubicaciones.

Nº	Templo	Características	
1	Nuestra Señora del Rosario	Provincia	Manabí
		Ciudad	Manta
		Dirección	Parroquia Tarqui
2	Catedral La Dolorosa	Provincia	Manabí
		Ciudad	Manta
		Dirección	Barrio La Dolorosa, en las calles 9 y 10 y las avenidas 22 y 23
3	Iglesia de La Merced	Provincia	Manabí
		Ciudad	Portoviejo
		Dirección	Calle Bolívar y Chile
4	Catedra metropolitana	Provincia	Manabí
		Ciudad	Portoviejo
		Dirección	Av. Alajuela o comúnmente conocida como Universitaria y Olmedo.
5	Iglesia de La Merced	Provincia	Manabí
		Ciudad	Bahía de Caráquez
		Dirección	Av. 3 de noviembre
6	Capilla de la Medalla Milagrosa	Provincia	Manabí
		Ciudad	Bahía de Caráquez
		Dirección	Calle Bolívar y Marañón esquina

Fuente: Andrei Moreno R.

3.3. Sismo 4 de agosto de 1998

El 4 de agosto de 1998 se registró un evento de magnitud 7.1 que se localizó frente a la ciudad de Bahía de Caráquez, provocando ingentes pérdidas económicas, en especial al sector turístico, ya que hubo una importante reducción del flujo turístico a la zona, así como pérdidas debido al desplome y daños estructurales de algunos edificios ubicados en la ciudad. (IG-EPN, 2011)

3.4. Edificaciones afectadas en Guayaquil por el sismo del 4 de agosto de 1980.

3.4.1. Iglesia de la Merced

Conocida también como la Basílica Menor de la Merced, fue construida bajo la Orden de la Merced una de las primeras órdenes religiosas que llegaron al país en el periodo colonial, según registros históricos de la ciudad de Guayaquil la ubicación actual de la iglesia data del año 1787 en lo que años después se conocería como “ciudad antigua”. El periodo de construcción fue entre 1934 y 1936. Como características arquitectónicas la Iglesia de la Merced cuenta con un estilo gótico; conformada por tres naves y un ábside octogonal que permite el paso de luz desde lo alto de la iglesia.

En el sismo producido el 4 de agosto de 1980 la iglesia sufrió daños de tipo no estructural tales como caída de algunos elementos arquitectónicos, agrietamiento en la cúpula y el agrandamiento de grietas ya existentes debido a la construcción del antiguo Banco Continental, en dicha construcción no se respetó el espacio mínimo requerido entre edificaciones por lo cual las dos estructuras quedaron adosadas.

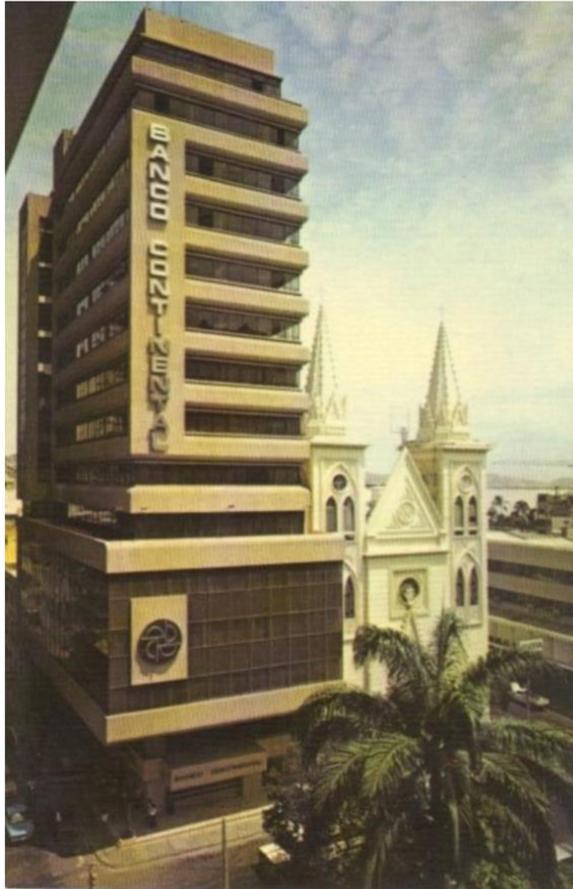


Ilustración 5 Foto del antiguo banco continental adosado a la Iglesia de la Merced, 1985. Imagen extraída de cisepp.com

A continuación se presenta una ficha de estudio donde se detalla el sistema estructural de la edificación (Ver tabla 3). Dicho estudio denominado PROYECTO RADIUS y llevado a cabo con la dirección del Ing. Jaime Argudo detalla la gran vulnerabilidad a daños de tipo no estructural, los factores de riesgo son la irregularidad en planta, la poca rigidez de la planta baja y el posible choque con edificios aledaños durante un evento sísmico. Debido a su baja altura posee luces de poca dimensión y es poco probable que sufra daños de tipo estructural. (Argudo, 1999)

Tabla 3 Ficha de estudio de la Iglesia de la Merced.

R A D I U S EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD URBANA FORMULARIO DE LEVANTAMIENTO VISUAL RAPIDO	
<p>Sentido 1: Junín Sentido 2: Gral. Córdova</p> <p>1. Información General</p> <p>Fecha: 12 de Septiembre de 1998 Nombre: Basílica Menor de La Merced Dirección: Junín y Gral. Córdova.</p> <p>Código: 40 Inspector: Ing. Jaime Guamán</p>	 <p>La Merced: durante el sismo del 18/Agosto/1980, la torre sufrió agrandamiento de las grietas que ya le había producido la construcción del Banco Continental.</p>
<p>2. Tipo de Edificio <input type="checkbox"/> ACERO <input checked="" type="checkbox"/> HORMIGON <input type="checkbox"/> MIXTO <input type="checkbox"/> MADERA</p> <p>3. Uso del Edificio <input type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Educación <input type="checkbox"/> Gobierno <input type="checkbox"/> Emergencia <input checked="" type="checkbox"/> Otros (iglesia)</p> <p>4. Sistema Estructural <input checked="" type="checkbox"/> Pórticos c>v <input type="checkbox"/> Losas planas + col's <input type="checkbox"/> Pórticos + muros <input type="checkbox"/> Pórticos c<v <input type="checkbox"/> Losas planas + muros <input type="checkbox"/> Otros</p> <p>5. Dimensiones principales Número de pisos = 3 Luces en sentido 1= 2.5 m <input checked="" type="checkbox"/> Edificio Medianero <input type="checkbox"/> Efecto edificio pequeño Luces en sentido 2= 2.5 m <input checked="" type="checkbox"/> Edificio Esquinero <input checked="" type="checkbox"/> Efecto edificio grande</p> <p>6. Calidad de la construcción <input type="checkbox"/> Buena <input checked="" type="checkbox"/> Mediana <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Ninguna <input checked="" type="checkbox"/> Pequeña <input type="checkbox"/> Grande</p> <p>7. Irregularidad Vertical <input type="checkbox"/> Ninguna <input checked="" type="checkbox"/> Pequeña <input type="checkbox"/> Grande</p> <p>8. Irregularidad en Planta <input type="checkbox"/> Ninguna <input type="checkbox"/> Pequeña <input checked="" type="checkbox"/> Grande</p> <p>9. Piso Suave <input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Pisos superiores <input checked="" type="checkbox"/> Planta Baja</p> <p>10. Pounding <input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Un lado <input checked="" type="checkbox"/> Dos lados <input type="checkbox"/> Tres lados</p> <p>11. Volados <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Un lado <input type="checkbox"/> Varios lados</p>	

Fuente: Proyecto RADIUS – (Argudo, 1999)

3.5. Edificaciones afectadas en Manabí por el sismo del 4 de agosto de 1998.

3.5.1. Capilla de la Medalla Milagrosa

Durante el sismo del 4 de agosto de 1998 la Capilla de la Medalla Milagrosa sufrió severos daños en su estructura, la capilla era de construcción mixta lo cual no le aseguraba tener una buena práctica constructiva. Según datos históricos de la ciudad tiene sus orígenes a principios de la década del 40, era muy concurrida debido a que se encontraba junto al hospital de la ciudad y compartía un acceso con la sala de maternidad, el adosamiento es uno de los factores a los cuales se le atribuye el desplome de la capilla. Durante el evento la cubierta se vino a bajo y gran parte de su estructura fallo no se presentaron víctimas mortales pero si se perdieron muchos elementos de gran valor histórico. (Moreno, 2020)



Ilustración 6 Antigua Capilla de la Medalla Milagrosa a principios de los años 50.

Fuente: Graciela Moreno

3.5.2. Iglesia de la Merced

Históricamente esta fue una de las primeras iglesias en establecerse en Bahía de Caráquez, comenzó como una casona de caña la cual era de múltiples usos y a pedido de la ciudadanía el municipio concede este espacio para la erigir un nuevo templo, inicia su etapa de construcción en 1909 y se inaugura en 1912, la obra fue donada por Carlos Santos Hedia un personaje de la época, gran comerciante importador y exportador además de ser agente consular de los Estados Unidos, su profesión le dio facilidad para obtener materiales de Norteamérica y Europa, como es el caso del recubrimiento el cual estaba hecho de zinc alemán o la madera rígida usada para las vigas y columnas. Como su fundador no tenía una creencia religiosa el templo quedó a ordenes del municipio el cual creo un consejo para dictaminar a que tipo de religión estaría destinado llegando a la conclusión de hacer una iglesia católica con el. (Moreno, 2020)

Durante el sismo del 4 de agosto de 1998 la iglesia no sufrió daños severos sin embargo ya había estado expuesta a otro desastre natural, el “Fenómeno del Niño” que desató fuertes lluvias durante todo el año, este evento debilitó los cimientos y algunas paredes; al filtrarse grandes cantidades de agua por tiempos prolongados se considero que estaba comprometida su estructura y en 1999 se opto por cambiar ciertos elementos manteniendo el material original incluido los recubrimientos exteriores. Esta iglesia a mantenido su diseño original presentados cambios mínimos y es muy emblemática por su valor histórico en la ciudad. (Moreno, 2020)



Ilustración 7 Iglesia de la Merced principio de los años 20

Fuente: Graciela Moreno



Ilustración 8 Iglesia de la Merced mediados de los años 60.

Fuente: Graciela Moreno

3.6. Sismo 16 de abril del 2016.

El 16 de abril de 2016, a las 18h58 TL (23:58 UTC) la costa ecuatoriana fue sacudida por un terremoto que alcanzó la magnitud 7.8 Mw y su epicentro se localizó frente a las costas de Muisne. (IG-EPN, 2016)

Las zonas más afectadas fueron las provincias de Esmeraldas, Guayas, Santa Elena, Santo Domingo, Los Ríos y Manabí dejando severos daños en esta última sobre todo en el cantón Pedernales, el gobierno declaró estado de emergencia en todas las provincias mencionadas.

Manabí reportó el mayor número de víctimas, propiedades y edificios reducidos a escombros, personas desaparecidas y su situación empeoró al quedarse sin los servicios básicos, como se reflejó en aquel entonces la ciudadanía en general no estaba preparada para una catástrofe de este tipo a lo cual se le atribuyen el elevado número de víctimas.

En Guayaquil colapsó un paso a desnivel de Av. Las Américas frente a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte dejando dos personas fallecidas producto del aplastamiento del vehículo en el cual se transportaban. De igual forma se reportaron daños en los interiores de diferentes centros comerciales de la ciudad. (El Telégrafo, 2017)

3.7. Edificaciones afectadas en Guayaquil por el sismo del 16 de abril del 2016.

3.7.1. La Catedral.

Originalmente construida en madera alrededor del año 1547, esta ubicada en lo que se consideraba como plaza mayor de la ciudad ya que era aledaña a la casa del cabildo, lamentablemente en el año 1692 un incendio la destruyó casi en su totalidad. A raíz de estos sucesos las autoridades de la época decidieron trasladarla respetando su estilo colonial, la nueva zona donde estaría ubicada se la conocía entonces como “ciudad nueva”, el lugar donde se ubicó fue la antigua plaza de armas lugar donde se mantiene hasta la actualidad; como dato curioso hoy en día esta es la única edificación que mantiene su ocupación original sobre dicho sector. A principios del siglo XX por el año 1924 el cabildo comenzó con el proyecto de renovar su estructura por hormigón armado siguiendo con la metodología de construcción de aquel entonces. Como parte de su arquitectura neogótica destacan tres naves donde se encuentran grandes vitrales que permiten el ingreso de luz al interior de esta; una nave central,

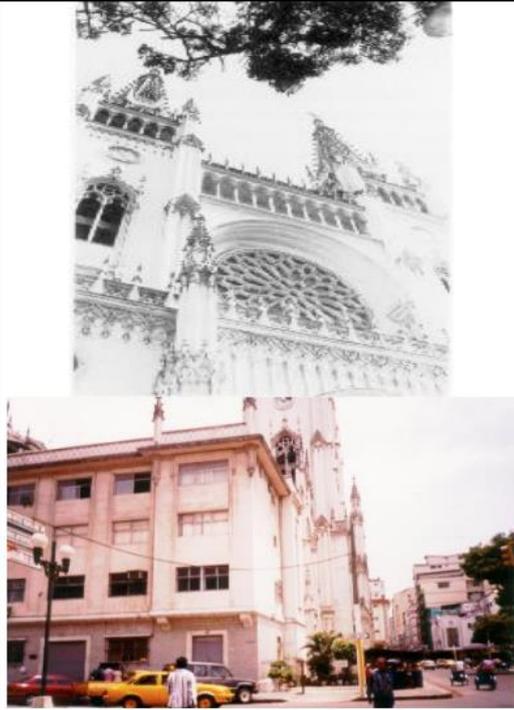
una nave lateral y el crucero que se ubica por detrás del altar mayor. En la parte posterior están dos torres terminadas en aguja con una nave central de Cimborrio donde se encuentra la estatua de Cristo Rey.



Ilustración 9 Vista aérea de la Catedral de Guayaquil antes de ser afectada por el sismo del 16 de abril del 2016. Foto extraída de catedraldeguayaquil.org, 2019.

A continuación se presenta una ficha de estudio donde se detalla el sistema estructural de la edificación (Ver tabla 4). Dicho estudio denominado PROYECTO RADIUS y llevado a cabo con la dirección del Ing. Jaime Argudo detalla la vulnerabilidad a daños de tipo no estructural, los factores de riesgo son la gran irregularidad tanto vertical como en planta.

Tabla 4 Ficha de estudio de la Catedral de Guayaquil.

R A D I U S EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD URBANA FORMULARIO DE LEVANTAMIENTO VISUAL RAPIDO	
<p>Sentido 1: Clemente Ballén Sentido 2: Chimborazo</p> <p>1. Información General</p> <p>Fecha: 12 de Septiembre de 1998 Nombre: Catedral Dirección: Chimborazo entre Clemente Ballén y Av. 10 de Agosto. Acera oeste.</p> <p>Código: 3 Inspector: Ing. Alex Villacrés</p>	 <p>La Catedral: sufrió fisuras en el terremoto del 13/Mayo/1942. Estaba en construcción.</p>
<p>2. Tipo de Edificio <input type="checkbox"/> ACERO <input checked="" type="checkbox"/> HORMIGON <input type="checkbox"/> MIXTO <input type="checkbox"/> MADERA</p> <p>3. Uso del Edificio <input type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Educación <input type="checkbox"/> Gobierno <input type="checkbox"/> Emergencia <input checked="" type="checkbox"/> Otros (Iglesia)</p> <p>4. Sistema Estructural <input type="checkbox"/> Pórticos c>v <input type="checkbox"/> Losas planas + col's <input type="checkbox"/> Pórticos + muros <input type="checkbox"/> Pórticos c<v <input type="checkbox"/> Losas planas + muros <input checked="" type="checkbox"/> Otros</p> <p>5. Dimensiones principales Número de pisos = Luces en sentido 1= <input checked="" type="checkbox"/> Edificio Medianero <input type="checkbox"/> Efecto edificio pequeño Luces en sentido 2= <input type="checkbox"/> Edificio Esquinero <input type="checkbox"/> Efecto edificio grande</p> <p>6. Calidad de la construcción <input checked="" type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Mediana <input type="checkbox"/> Mala</p> <p>7. Irregularidad Vertical <input type="checkbox"/> Ninguna <input type="checkbox"/> Pequeña <input checked="" type="checkbox"/> Grande</p> <p>8. Irregularidad en Planta <input type="checkbox"/> Ninguna <input type="checkbox"/> Pequeña <input checked="" type="checkbox"/> Grande</p> <p>9. Piso Suave <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Pisos superiores <input type="checkbox"/> Planta Baja</p> <p>10. Pounding <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Un lado <input type="checkbox"/> Dos lados <input type="checkbox"/> Tres lados</p> <p>11. Volados <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Un lado <input type="checkbox"/> Varios lados</p>	

Fuente: Proyecto RADIUS – (Argudo, 1999)

En el terremoto del 16 de abril del 2016 los daños más serios fueron en fachada que dan a la calle Clemente Ballén junto al hotel, también se desprendieron elementos arquitectónicos de la torres en la zona de acceso a la puerta principal de la iglesia allí se colocó mallas de seguridad en la parte superior del acceso fin de evitar una tragedia sin embargo estas fueron medidas temporales que se tomaron hasta que se realicen las respectivas adecuaciones, las cúpulas interiores presentaron un gran agrietamiento especialmente en el sentido este-oeste hacia 10 de Agosto y Ballén, en los dos niveles (nivel 13-28) dos pilares esquineros en los ejes GH8 colapsaron en la unión viga-columna por fatiga del acero, se cayeron parcialmente elementos de los vitrales, el baldaquino hecho de mármol fue destruido en un 30 - 40 % habiendo desplazamiento y caída de los pináculos de las esquinas. (Banda, 2019)



Ilustración 10 Daños presentados en el baldaquino como grietas y pérdida de elementos, a la derecha se puede observar las piezas recuperadas. Fuente Andrei Moreno 15/10/2019



Ilustración 11 Malla de protección para evitar que la caída de algún escombros o ventanal producto del movimiento durante los sismos. Fuente Andrei Moreno.

3.7.2. Iglesia La Victoria.

Conocida también como la iglesia de Nuestra Señora del Carmen; tiene su origen desde el siglo XIX, el proceso de construcción se llevo a cabo en la Plaza de la Victoria lugar donde permanece hasta la fecha, originalmente fue construida con madera sin embargo en el año 1930 la demolieron para dar paso a una nueva edificación la cual seria construida a base de hormigón armado siendo esta la que se mantiene hasta la actualidad.

A continuación se presenta una ficha de estudio donde se detalla el sistema estructural de la edificación (Ver tabla 5). Dicho estudio denominado PROYECTO RADIUS y llevado a cabo con la dirección del Ing. Jaime Argudo detalla la gran vulnerabilidad a daños de tipo no estructural, los factores de riesgo son las pequeñas irregularidades verticales, gran irregularidad en planta y el posible efecto de choque con las estructuras aledañas durante un evento sísmico.

Tabla 5 Ficha de estudio de la iglesia La Victoria.

R A D I U S EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD URBANA FORMULARIO DE LEVANTAMIENTO VISUAL RAPIDO			
<p>1. Información General</p> <p>Fecha: 5 de septiembre de 1998 Nombre: Templo de La Victoria Dirección: Av. Quito y Clemente Ballén</p> <p>Código: 5 Inspector: Ing. Walter Mera</p>			
<p>Templo de la Victoria: sufrió destrucción de imágenes, agrietamientos de piso y caída de paredes en el sismo del 13/Mayo/1942</p>			
<p>2. Tipo de Edificio <input type="checkbox"/> ACERO <input checked="" type="checkbox"/> HORMIGON <input type="checkbox"/> MIXTO <input type="checkbox"/> MADERA</p>			
<p>3. Uso del Edificio <input type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Educación <input type="checkbox"/> Gobierno <input type="checkbox"/> Emergencia <input checked="" type="checkbox"/> Otros (iglesia)</p>			
<p>4. Sistema Estructural <input checked="" type="checkbox"/> Pórticos c>v <input type="checkbox"/> Losas planas + col's <input type="checkbox"/> Pórticos + muros <input type="checkbox"/> Pórticos c<v <input type="checkbox"/> Losas planas + muros <input type="checkbox"/> Otros</p>			
<p>5. Dimensiones principales Número de pisos = 5 en Los campanarios y 3 en las Naves Luces en sentido 1= <input checked="" type="checkbox"/> Edificio Medianero <input type="checkbox"/> Efecto edificio pequeño Luces en sentido 2= <input type="checkbox"/> Edificio Esquinero <input checked="" type="checkbox"/> Efecto edificio grande</p>			
<p>6. Calidad de la construcción <input type="checkbox"/> Buena <input checked="" type="checkbox"/> Mediana <input type="checkbox"/> Mala</p>			
<p>7. Irregularidad Vertical <input type="checkbox"/> Ninguna <input checked="" type="checkbox"/> Pequeña <input type="checkbox"/> Grande</p>			
<p>8. Irregularidad en Planta <input type="checkbox"/> Ninguna <input type="checkbox"/> Pequeña <input checked="" type="checkbox"/> Grande</p>			
<p>9. Piso Suave <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Pisos superiores <input type="checkbox"/> Planta Baja</p>			
<p>10. Pounding <input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Un lado <input checked="" type="checkbox"/> Dos lados <input type="checkbox"/> Tres lados</p>			
<p>11. Volados <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Un lado <input type="checkbox"/> Varios lados</p>			

Fuente: Proyecto RADIUS – (Argudo, 1999)

Ubicada en la calle Quito y 10 de Agosto, sufrió varios daños estructurales y arquitectónicos a causa del sismo del 2016 principalmente paredes fisuradas y recubrimiento de pilares caídos, dos torres quedaron en estado crítico pudiendo colapsar en cualquier momento esto pone en serio peligro a los transeúntes del sector, en su interior las fallas siguen a lo largo de todo el tumbado habiendo resquebrajamiento sobre todo en las cúpulas, áreas donde por seguridad se colocaron mallas para que contentan algún escombros en caso de una caída inesperada. En la base de la iglesia lo que vendría siendo el piso hay hundimientos por las fallas geológicas que se han presentado a lo largo de su historia; esto a hecho que las autoridades se pronuncien advirtiéndolo a la ciudadanía sobre los riesgos de visitar este templo, actualmente se ha solicitado al municipio de Guayaquil y a la Arquidiócesis el cierre de esta iglesia hasta determinar una fecha para comenzar con las operaciones de remodelación. (Banda, 2019)

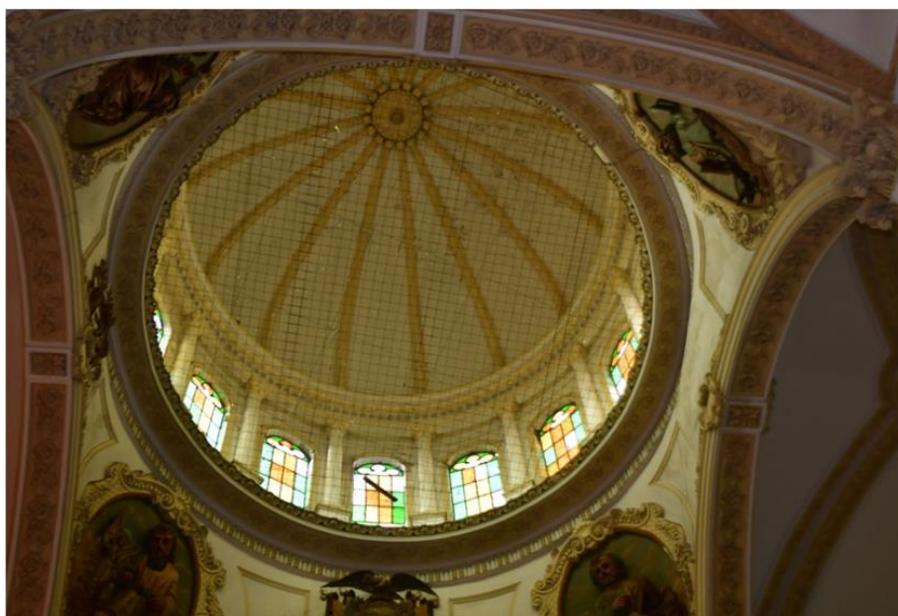


Ilustración 12 Daños en iglesia de La Victoria en Guayaquil, resquebrajamiento de las cúpulas. Extraída de diario El Universo, 01 de mayo del 2019.

3.7.3. Iglesia de la Merced.

No se conoce a ciencia cierta de alguna afectación que el sismo del 16 de abril de 2016. Igual se puede decir de las posteriores réplicas del citado terremoto, en especial de la del 18 de mayo de ese año, que es la réplica de mayor magnitud registrada hasta el presente.

El Proyecto RADIUS reportó que durante el sismo del 18 de agosto de 1980, el Templo de La Merced ya sufrió el agrandamiento de las grietas que se habían producido antes por efecto de la construcción adosada del edificio del entonces Banco Continental (hoy Fiscalía del Guayas), ubicado en la esquina Suroeste de las calles Primero de Mayo y General Córdova. El referido adosamiento nunca ha sido debidamente tratado y se puede observar claramente desde el exterior de ambos edificios el día de hoy, incluso con una superposición del edificio de la Fiscalía del Guayas sobre el edificio de la Basílica.



Ilustración 13 Daños en la fachada del Templo de La Merced por adosamiento y colisión con el edificio de la Fiscalía del Guayas (ex – Banco Continental) durante movimientos sísmicos. Obtenido de Andrei Moreno.

Después del sismo del 16 de abril de 2016 y otro que se presentó el 27 de noviembre de 2017 aparecieron nuevas grietas, según fue reportado por la prensa en Guayaquil, sin embargo los daños observados en la Basílica Menor de La Merced después del sismo no son atribuibles al comportamiento estructural de la misma obra durante sismos ni a sus factores de vulnerabilidad identificados por el Proyecto RADIUS en 1999 (irregularidad en elevación y en planta, primer piso suave). Los daños observados se pueden asumir a la colisión con el edificio de la Fiscalía del Guayas (ex – Banco Continental) durante varios sismos.



Ilustración 14 Caída de fragmentos de mampostería de la torre Este durante el sismo del 27 de noviembre de 2017. Obtenida de Alex Villacrés.

3.7.4. Iglesia San José.

Se considera uno de los edificios más antiguos de la ciudad construidos con hormigón armado siendo el primero en usar totalmente este material desde los cimientos hasta el techo. Ubicada en la calle Eloy Alfaro junto a la entrada al Palacio del Cristal, actualmente zona de la bahía de Guayaquil. El periodo de construcción de la iglesia San José fue desde el año 1905 hasta 1926, esta obra fue fundada por el Padre Maurilio Detroux. A falta de cemento en la ciudad el Padre Detroux lo pidió a Bélgica. Como en ese tiempo no había varillas, este sacerdote fue a las oficinas del ferrocarril a solicitar la venta de rieles para la construcción.

El estilo Romance o Lombardo, derivado del bizantino, que impero en la construcción de los edificios religiosos y monásticos desde principios del siglo XI hasta mediados del XII. Cuenta con 3 naves, las dos laterales de 10 metros de altura y la central de 15 metros; paredes de 15 centímetros de espesor y que van reforzadas de 5 en 5 metros por pilastras que sirven como contrafuertes.



Ilustración 15 Vista lateral de la iglesia San José, se puede apreciar el estilo Lombardo.

Fuente: Andrei Moreno, 2019



Ilustración 16 Interior de la iglesia San José, se observa el desnivel de las naves y la separación de pilares cada 5 metros.

Fuente: Andrei Moreno, 2019

A continuación se presenta una ficha de estudio donde se detalla el sistema estructural de la edificación (Ver tabla 6). Dicho estudio denominado PROYECTO RADIUS y llevado a cabo con la dirección del Ing. Jaime Argudo detalla la vulnerabilidad a daños de tipo no estructural, los factores de riesgo son la irregularidad vertical que posee, son probables daños estructurales localizados en la torre. Como punto a favor tiene las luces de poca dimensión.

Tabla 6 Ficha de estudio de la iglesia San José.

R A D I U S EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD URBANA FORMULARIO DE LEVANTAMIENTO VISUAL RAPIDO	
<p>Sentido 1: Eloy Alfaro Sentido 2: Manabí</p> <p>1. Información General</p> <p>Fecha: 19 de Septiembre de 1998 Nombre: Iglesia San José Dirección: Eloy Alfaro y Manabí</p> <p>Código: 12 Inspector: Ing. Alex Villacrés</p>	 <p>Iglesia San José: Presentó daños en columnas ornamentales del campanario, en el sismo del 13 de mayo de 1942</p>
<p>2. Tipo de Edificio <input type="checkbox"/> ACERO <input checked="" type="checkbox"/> HORMIGON <input type="checkbox"/> MIXTO <input type="checkbox"/> MADERA</p> <p>3. Uso del Edificio <input type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Educación <input type="checkbox"/> Gobierno <input type="checkbox"/> Emergencia <input checked="" type="checkbox"/> Otros</p> <p>4. Sistema Estructural <input checked="" type="checkbox"/> Pórticos c>v <input type="checkbox"/> Losas planas + col's <input type="checkbox"/> Pórticos + muros <input type="checkbox"/> Pórticos c<v <input type="checkbox"/> Losas planas + muros <input type="checkbox"/> Otros</p> <p>5. Dimensiones principales Número de pisos = 2 mas torre Luces en sentido 1= 3-6 m <input checked="" type="checkbox"/> Edificio Medianero <input type="checkbox"/> Efecto edificio pequeño Luces en sentido 2= 4 m <input type="checkbox"/> Edificio Esquinero <input type="checkbox"/> Efecto edificio grande</p> <p>6. Calidad de la construcción <input type="checkbox"/> Buena <input checked="" type="checkbox"/> Mediana <input type="checkbox"/> Mala</p> <p>7. Irregularidad Vertical <input type="checkbox"/> Ninguna <input type="checkbox"/> Pequeña <input checked="" type="checkbox"/> Grande</p> <p>8. Irregularidad en Planta <input checked="" type="checkbox"/> Ninguna <input type="checkbox"/> Pequeña <input type="checkbox"/> Grande</p> <p>9. Piso Suave <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Pisos superiores <input type="checkbox"/> Planta Baja</p> <p>10. Pounding <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Un lado <input type="checkbox"/> Dos lados <input type="checkbox"/> Tres lados</p> <p>11. Volados <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Un lado <input type="checkbox"/> Varios lados</p>	

Fuente: Proyecto RADIUS – (Argudo, 1999)

Este templo no presentó daños notorios además de unas pequeñas fisuras producto del movimiento durante el sismo del 16 de abril del 2016, lo cual es destacable por la edad que tiene esta edificación. Para esta obra no se usó las normas actuales de la construcción por lo que se puede asumir que la gran resistencia se debe a los materiales usados en la época y el posible sobre dimensionamiento que esta tiene, asegurando así su integridad ante la presencia de movimientos sísmicos.



Ilustración 17 Iglesia San José con daños leves como fisuras en el empastado de paredes interiores y agrietamiento en tumbado.

Fuente: Andrei Moreno

3.7.5. Iglesia San Alejo.

En 1786 el sacerdote Salvador Guerrero toma la iniciativa de construir un templo para el sector de constructores navales que cada vez crecía más, en aquel entonces era conocida como la capilla del astillero. En 1827 toma el nombre de San Alejo. En el año 1900 es demolida para dar paso a una nueva iglesia construida en hormigón, en su interior cuenta con una nave central y tumbado interior ornamental que esta posiblemente construido en madera por lo que no se presentan fisuras durante los movimientos sísmicos; la iglesia de San Alejo a sido testigo de los diferentes sismos que han afectado a la urbe pero no han afectado su estructura además de caída de imágenes religiosas y elementos arquitectónicos.

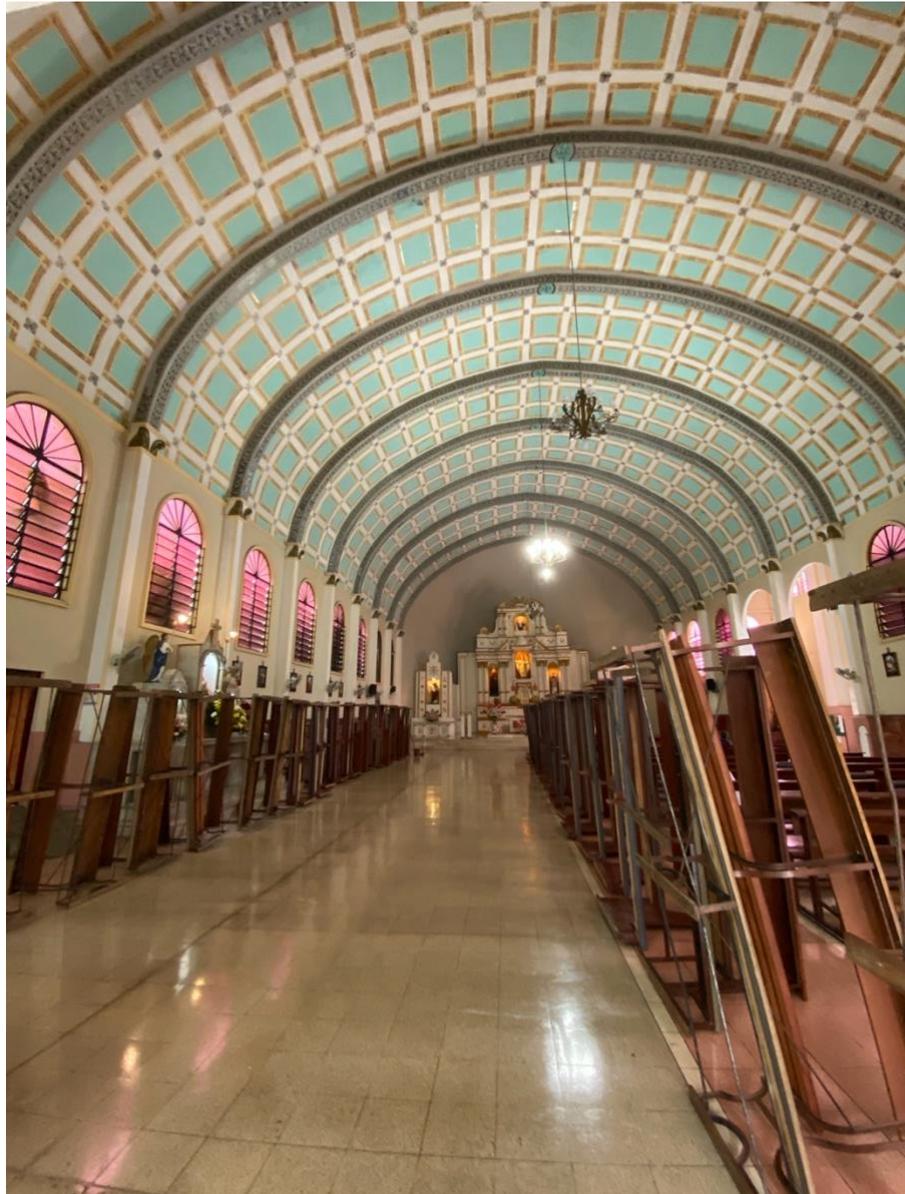
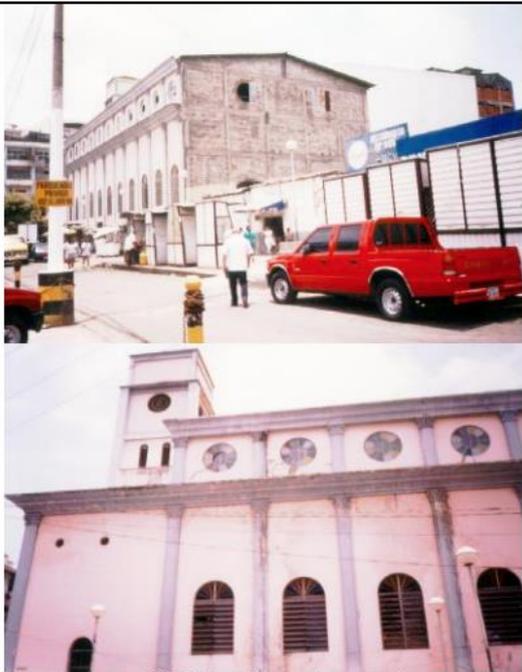


Ilustración 18 Foto interior de la iglesia San Alejo.

Fuente: Andrei Moreno, 2019

A continuación se presenta una ficha de estudio donde se detalla el sistema estructural de la edificación (Ver tabla 7). Dicho estudio denominado PROYECTO RADIUS y llevado a cabo con la dirección del Ing. Jaime Argudo detalla la vulnerabilidad a daños de tipo no estructural, los factores de riesgo son la condición indeseable columna débil - viga fuerte, mala calidad de construcción, pequeña asimetría vertical y la poca rigidez en la planta baja. Como punto a favor tiene las luces de poca dimensión.

Tabla 7 Ficha de estudio de la iglesia San Alejo.

R A D I U S EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD URBANA FORMULARIO DE LEVANTAMIENTO VISUAL RAPIDO	
<p>Sentido 1: Luzárraga Sentido 2: Eloy Alfaro</p> <p>1. Información General</p> <p>Fecha: 12 de Septiembre de 1998 Nombre: Templo de San Alejo Dirección: Eloy Alfaro y Luzárraga. Esquina Suroeste.</p> <p>Código: 13 Inspector: Ing. Jaime Guamán</p>	 <p>San Alejo: sufrió daños ligeros durante el terremoto del 13/Mayo/1942.</p>
<p>2. Tipo de Edificio <input type="checkbox"/> ACERO <input checked="" type="checkbox"/> HORMIGON <input type="checkbox"/> MIXTO <input type="checkbox"/> MADERA</p> <p>3. Uso del Edificio <input type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Educación <input type="checkbox"/> Gobierno <input type="checkbox"/> Emergencia <input checked="" type="checkbox"/> Otros (Iglesia)</p> <p>4. Sistema Estructural <input type="checkbox"/> Pórticos c>v <input type="checkbox"/> Losas planas + col's <input type="checkbox"/> Pórticos + muros <input checked="" type="checkbox"/> Pórticos c<v <input type="checkbox"/> Losas planas + muros <input type="checkbox"/> Otros</p> <p>5. Dimensiones principales Número de pisos = 1 Luces en sentido 1= 3.0 m <input checked="" type="checkbox"/> Edificio Medianero <input type="checkbox"/> Efecto edificio pequeño Luces en sentido 2= 3.0 m <input checked="" type="checkbox"/> Edificio Esquinero <input type="checkbox"/> Efecto edificio grande</p> <p>6. Calidad de la construcción <input type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Mediana <input checked="" type="checkbox"/> Mala</p> <p>7. Irregularidad Vertical <input type="checkbox"/> Ninguna <input checked="" type="checkbox"/> Pequeña <input type="checkbox"/> Grande</p> <p>8. Irregularidad en Planta <input checked="" type="checkbox"/> Ninguna <input type="checkbox"/> Pequeña <input type="checkbox"/> Grande</p> <p>9. Piso Suave <input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Pisos superiores <input checked="" type="checkbox"/> Planta Baja</p> <p>10. Pounding <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Un lado <input type="checkbox"/> Dos lados <input type="checkbox"/> Tres lados</p> <p>11. Volados <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Un lado <input type="checkbox"/> Varios lados</p>	

Fuente: Proyecto RADIUS – (Argudo, 1999)

En el sismo del 16 de abril del 2016 no se presento daños de gran magnitud, fisuras en algunas paredes internas y el desprendimiento del

recubriendo en un pilar en la unión viga-columna reportan moradores del sector que fueron testigos de los acontecimientos.

3.7.6. Iglesia San Francisco.

Esta iglesia a sido testigo de varios acontecimientos a lo largo de la historia de Guayaquil, desde varias reconstrucciones a causa de los incendios en la época colonial hasta su uso como hospital militar y cuartel de bomberos. Originalmente fue construida en madera sin embargo a causa de varios incendios y la limitación de espacio en la zona de los primeros asentamientos de la ciudad en las faldas del cerro Santa Ana, se tomo la iniciativa de reubicarla. Por el año 1693 las autoridades de Guayaquil decidieron trasladarla a una nueva zona, la llamada “ciudad nueva”. La edificación fue destruida en 1896 a causa del gran incendio que azotó a la ciudad por lo cual en el año 1899 se la volvió a reconstruir con el aporte económico privado inaugurándola tres años más tarde; a partir de esa fecha se la ha ido remodelando de a poco cambiando los materiales originales de la fachada y su interior que eran de madera por hormigón, la remodelación fue concluida en 1956 y ha mantenido el mismo estado hasta la actualidad, cabe destacar que la zona lateral derecha es de uso comercial y es la única iglesia de los casos de estudio que permite esa ocupación.



Ilustración 19 Estado actual de la iglesia San Francisco.

Fuente: Andrei Moreno, 2019

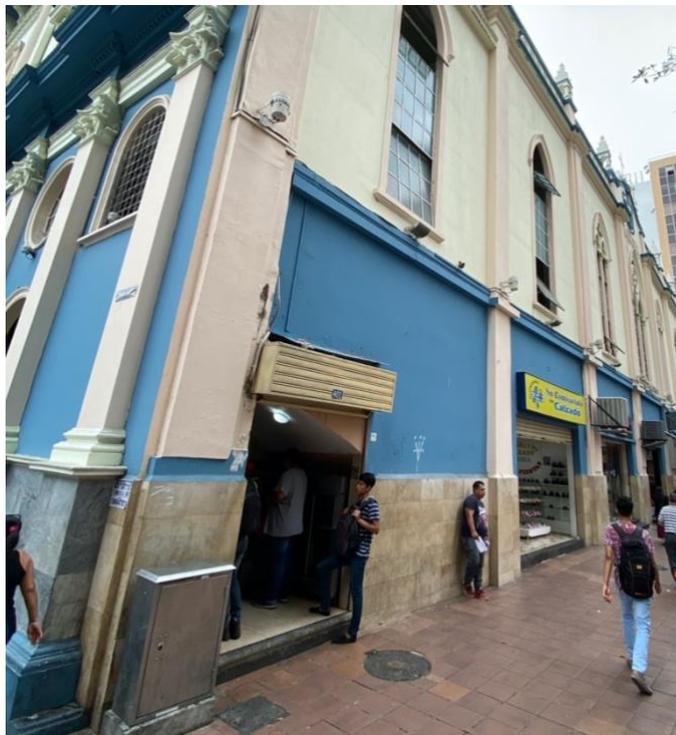


Ilustración 20 Zona lateral derecha, lugar donde funcionan varios locales comerciales.

Fuente: Andrei Moreno, 2019

A continuación se presenta una ficha de estudio donde se detalla el sistema estructural de la edificación (Ver tabla 7). Dicho estudio denominado PROYECTO RADIUS y llevado a cabo con la dirección del Ing. Jaime Argudo detalla la vulnerabilidad a daños de tipo no estructural, los factores de riesgo son la condición indeseable columna débil - viga fuerte, mala calidad de construcción, gran irregularidad vertical y poca rigidez en planta baja.

Tabla 8 Ficha de estudio de la iglesia San Francisco.

R A D I U S EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD URBANA FORMULARIO DE LEVANTAMIENTO VISUAL RAPIDO	
<p>Sentido 1: Pedro Carbo Sentido 2: Av. 9 de Octubre</p> <p>1. Información General</p> <p>Fecha: 5 de septiembre de 1998 Nombre: Templo de San Francisco Dirección: Pedro Carbo y Av. 9 de Octubre (esquina suroeste)</p> <p>Código: 6 Inspector: Ing. Walter Mera</p>	 <p>Templo de San Francisco: sufrió desplome de revestimientos en el sismo del 13/Mayo/1942 serias cuarteaduras y caída de pared en el 30/Enero/1943</p>
<p>2. Tipo de Edificio <input type="checkbox"/> ACERO <input checked="" type="checkbox"/> HORMIGON <input type="checkbox"/> MIXTO <input type="checkbox"/> MADERA</p> <p>3. Uso del Edificio <input type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Educación <input type="checkbox"/> Gobierno <input type="checkbox"/> Emergencia <input checked="" type="checkbox"/> Otros (Iglesia)</p> <p>4. Sistema Estructural <input type="checkbox"/> Pórticos c>v <input type="checkbox"/> Losas planas + col's <input type="checkbox"/> Pórticos + muros <input checked="" type="checkbox"/> Pórticos c<v <input type="checkbox"/> Losas planas + muros <input type="checkbox"/> Otros</p> <p>5. Dimensiones principales Número de pisos = 4 Luces en sentido 1= 3-7 m <input type="checkbox"/> Edificio Medianero <input type="checkbox"/> Efecto edificio pequeño Luces en sentido 2= 4.5 m <input checked="" type="checkbox"/> Edificio Esquinero <input type="checkbox"/> Efecto edificio grande</p> <p>6. Calidad de la construcción <input type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Mediana <input checked="" type="checkbox"/> Mala</p> <p>7. Irregularidad Vertical <input type="checkbox"/> Ninguna <input type="checkbox"/> Pequeña <input checked="" type="checkbox"/> Grande</p> <p>8. Irregularidad en Planta <input checked="" type="checkbox"/> Ninguna <input type="checkbox"/> Pequeña <input type="checkbox"/> Grande</p> <p>9. Piso Suave <input type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Pisos superiores <input checked="" type="checkbox"/> Planta Baja</p> <p>10. Pounding <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Un lado <input type="checkbox"/> Dos lados <input type="checkbox"/> Tres lados</p> <p>11. Volados <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno <input type="checkbox"/> Un lado <input type="checkbox"/> Varios lados</p>	

Fuente: Proyecto RADIUS – (Argudo, 1999)

Durante el terremoto del 16 de abril del 2016 no presento mayor daño que la caída de algunos elementos de su fachada y mampostería, destacó que no se perdió los servicios de luz en la iglesia sin embargo según moradores del sector los movimientos que tenía la iglesia eran muy fuertes, en este templo funcionan locales comerciales en la zona exterior los cuales tampoco presentaron daños.

3.8. Edificaciones afectadas en Manabí por el sismo del 16 de abril del 2016.

3.8.1. Catedral metropolitana en Portoviejo.

Considerara una de las iglesias más importantes de Portoviejo esta ubicada en Av. Universitaria y Olmedo. Los daños que tuvo tras el sismo del 16 de abril del 2016 se evidenciaron en el exterior, las torres fueron las más perjudicadas comprometiendo la integridad de su estructura, ventanales rotos y piezas que decoran el interior se vinieron a bajo. También la presencia fisuras en paredes y desplome de parte del tumbado sobre todo en la zona de la nave principal. Se decidió derrocar las dos torres principales y los elementos de la fachada por la gran falla que presentaron en sus columnas; el exceso de peso en la mampostería provoco que estas fallen, por la ubicación se trabajo de forma manual y se usaron grúas para ir removiendo de a poco los escombros de gran magnitud, en total se derribaron los 4 niveles superiores para ser reconstruidos por completo. Las nuevas torres tienen el mismo aspecto que las anteriores sin embargo su estructura es de acero lo cual redujo en una decima parte su peso en comparación a las originales todo esto para que tengan mejor respuesta ante otro evento de esta magnitud o mayor de igual forma se usaran materiales más ligeros con el fin de asegurar este propósito. (El Diario, 2016)

Después de que se la intervino se evidencio la falta de elementos en sus cimientos como las vigas de arrostamiento, falta de acero en las columnas y una débil conexión entre columnas y vigas. Estas características aumentan la posibilidad de recibir daños ante eventos sísmicos. (Bravo, 2020)



Ilustración 21 Comienzo de trabajos de demolición parcial de la Catedral de Portoviejo, la Iglesia Mayor de la provincia. Extraída del diario El Diario, 07 de octubre del 2016



Ilustración 22 Fallas estructurales en tumbado y piso

Fuente: Andrei Moreno



Ilustración 23 Caída del recubrimiento del tumbado en las naves.

Fuente: Andrei Moreno

3.8.2. Iglesia de La Merced en Portoviejo.

Ubicada en Bolívar y Chile, Portoviejo la iglesia de la Merced por causa del terremoto del 2016 sufrió daños en los ventanales de la zona frontal y laterales, desplome de algunas imágenes religiosas, además aparecieron grietas en la cúpula del templo, también hubo desprendimiento de escombros lo cual puso en peligro a los transeúntes. Las fallas estructurales se presentaron en la torre donde aún son visibles las grietas, la arquidiócesis a considerado reconstruirla por el peligro que significa para el publico otro punto es la nave donde hubo desprendimiento en la unión viga-columna, al parecer los elementos carecían de acero, es decir tienen una relación acero-hormigón muy pobre, una consideración que se a hecho es tener que reconstruir toda la nave a partir de los 10 de altura desde el suelo, reforzamiento de columnas y aumentar el peralte de las vigas. (Bravo, 2020)



Ilustración 24 Iglesia de La Merced en Portoviejo, no presenta daños graves.

Fuente: Ing. Alex Villacrés

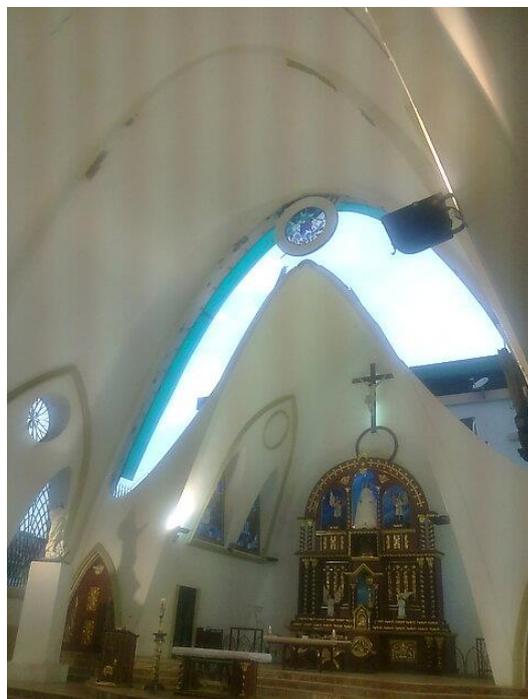


Ilustración 25 Ventanales rotos y desplome de figuras religiosas fue el resultado del sismo del 16 de abril de 2016.

Fuente: Ing. Alex Villacrés

3.8.3. Nuestra Señora del Rosario.

Pertenece a la orden Salesiana y esta ubicada en la parroquia Tarqui de Manta el sector que fue considerado como zona de destrucción por el gobierno de turno después del sismos de 16 de abril del 2016, lamentablemente los daños que sufrió este templo fueron muy grandes, desplome de la cubierta además presentó fallas estructurales desde su base, perdida de mampostería y tumbado producto de la mala practica de construcción se evidencio el uso de materiales como arena de mar y mala relación de acero hormigón, no hubo un colapso inmediato por lo que se opto por demolerla. (Bravo, 2020)



Ilustración 26 Iglesia Nuestra Señora del Rosario después del sismo del 16 de abril del 2016 con múltiples fallas, parroquia Tarqui-Manta.

Fuente: Ing. Alex Villacrés



Ilustración 27 Proceso de demolición al que fue sometida la iglesia de Nuestra Señora del Rosario, Manta.

Fuente: Boletín Diocesano – Arquidiócesis de Portoviejo

3.8.4. Catedral La Dolorosa en Manta.

Según los reportes la catedral de La Dolorosa de Manta sufrió varios daños en su estructura. El movimiento provocó el desplazamiento hacia fuera de algunas columnas, esto generó la falla en algunas paredes y mampostería interna y externa, los arcos que estaban en el exterior entre las paredes y las columnas se vinieron a bajo, colapso de los vitrales y algunas lámparas decorativas, agrietamiento de varios pilares internos, desplome de elementos del altar, agrietamiento en el tumbado con desprendiendo en las cúpulas, la torre del campanario también presentó varias fisuras y se cree que aún hay riesgo de caída, por la gravedad de la situación en primera instancia se pensó en demolerla para dar paso a una nueva sede ya que en el pasado esta catedral ya había sufrido de otros percances como la colisión de un avión el 22 de octubre de 1996 en el cual se tuvo que reconstruir el templo que antes había sido de madera, sin embargo después de una evaluación particular contratada por la Arquidiócesis de Manabí se determinó que se podía reparar. No hay riesgo de colapso, pero se colocó tensores en algunos segmentos, inyecciones de hormigón y refuerzos en las columnas desde las bases aumentando el acero y haciendo un recubrimiento en las ellas, todo esto con el fin de que la estructura pueda soportar los movimientos provocados por una réplica.



Ilustración 28 Fisuras en la torre del campanario de la Catedral de la Dolorosa, Manta

Fuente: Andrei Moreno



Ilustración 29 Caída de mampostería interna y externa de la Catedral de la Dolorosa, Manta

Fuente: Andrei Moreno

3.8.5. Iglesia de La Merced en Bahía de Caráquez.

La iglesia esta ubicada en el cantón Sucre, parroquia de Bahía de Caráquez. En 1906 se inició esta obra, es de construcción mixta entre hormigón y madera, los materiales fueron importados desde Estados Unidos y Europa. La Iglesia de La Merced en el pasado ya a pasado por varias restauraciones incluyendo las del año 1942 y 1998 producto de los terremotos que vivió en esa época. A pesar de los daños recibidos en los múltiples sismos la iglesia siempre a mantenido su diseño y materiales originales con el fin de mantener su valor histórico, este seria uno de los motivos por el cual la iglesia no reporto perdidas o daños después del sismo del 16 de abril del 2016 pues al contrario este templo sirvió de refugio para las personas que se encontraron en su interior, ya que; al estar construida con elementos de madera en su interior se aligeró su peso y puede ser más flexible lo cual le permite actuar mejor ante los movimientos sísmicos.



**Ilustración 30 Iglesia de La Merced en Bahía de Caráquez, no presento daños.
Obtenida de Ing. Alex Villacrés.**



Ilustración 31 Interior de la iglesia de La Merced, se puede observar los pilares y el altar de madera junto con otros elementos rústicos tal como se uso en el modelo original.

Fuente: Andrei Moreno

3.8.6. Capilla de la Medalla Milagrosa

Ubicado en la calle Bolívar y Marañón esquina, Bahía de Caráquez. Esta capilla fue derrumbada en el sismo del año 1998 y posteriormente reconstruida en el 2014, el proceso comenzó en el 2004 y tardo aproximadamente 10 años debido a que se le financio se dio se dio con la colaboración de donaciones de la ciudadanía en general, estos últimos años a servido los últimos años como templo de velaciones para la parroquia y su peculiar aspecto en forma de cascarn llama mucho la atención, este modelo fue escogido mediante una encuesta llevada a cabo en la ciudad. No se reportaron daños en el lugar además de la caída de algunos objetos de los estantes. Actualmente presenta fisuras en pares y vigas pero se le atribuye al poco mantenimiento que a recibido más no a los movimientos sísmico.



Ilustración 32 Vista exterior de la capilla de la Medalla Milagrosa, actualmente templo de velaciones. Bahía de Caráquez

Fuente: Andrei Moreno



Ilustración 33 Fisuras provocadas por el poco mantenimiento recibido, Bahía de Caráquez.

Fuente: Andrei Moreno

3.9. Tipos de perfiles de suelos para diseño sísmico.

La NEC – 15, clasifica los suelos correspondientes a los 30m superiores del perfil y según eso se dividen en perfiles tipo A, B, C, D y E.

Tabla 9 Clasificación de los perfiles de suelo.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s $> V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s $> V_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios.	$N \geq 50$ $S_u \geq 100$ KPa
D	Perfiles de suelo rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s $> V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones.	$50 > N \geq 15$ 100 KPa $> S_u \geq 50$ KPa
E	Perfil que cumple el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas.	$IP > 20$ $W \geq 40\%$ $S_u < 50$ KPa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H> 7.5 m con índice de plasticidad IP > 75).	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H>30m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidad de onda de corte.	
	F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Fuente: NEC – 2015

3.10. Tipo de suelos en Guayaquil.

Con la ayuda de un mapa geológico actualizado de la ciudad de Guayaquil elaborado por GEO ESTUDIOS, (Ver ilustración 34) se fue ubicando la zona donde están los templos y por medio de la tabla de caracterización geotécnica en función de V_s , (Ver tabla 10) se halló la velocidad de onda, con estos resultados se puede comparar con la tabla de clasificación los perfiles de suelos de la NEC – 15. (Ver tabla 9)

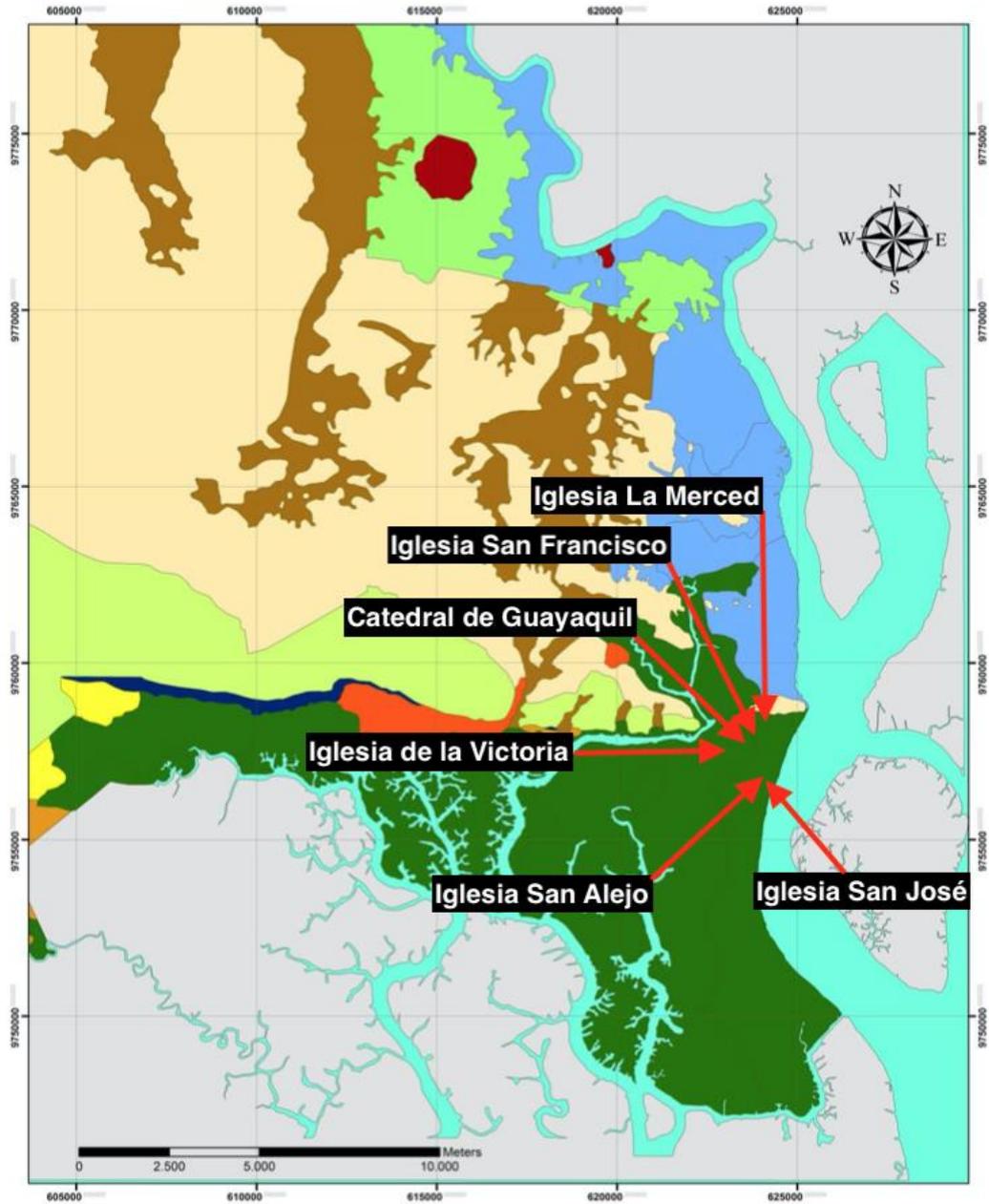


Ilustración 34 Mapa Actualizado Geológico de la ciudad de Guayaquil. Obtenida de GEO ESTUDIOS, 2015.

Leyenda		D7 Formación Rocosa	
Zona	Descripción		
	Ca Depósitos Aluviales		Ea G. Ancón
	Ce Depósitos Estuarinos		Ese Fm. San Eduardo
	Cal Depósitos Aluvio - Lacustres		PMg Fm. Guayaquil
	Ca Depósitos Coluviales		Kc Fm. Cayo
			Kg Rocas Graníticas Indiferenciadas
			Kp Fm. Piñón
			Pa G. Azúcar

Ilustración 35 Leyenda de Mapa Geológico de la ciudad de Guayaquil. Obtenido de GEO ESTUDIOS, 2015.

Las iglesias elegidas tienen una característica en común, todas comparten el mismo tipo de suelo esto se debe a la poca distancia a la que se encuentran una de la otra, las 6 iglesias están dentro de un área de aproximadamente 0.8 kilómetros cuadrados (Ver ilustración 36) lo cual facilitó la caracterización del suelo, sin embargo no todas las iglesias han sufrido los mismos daños, esto ya se debe a los materiales utilizados y la técnica de construcción empleada en cada una.

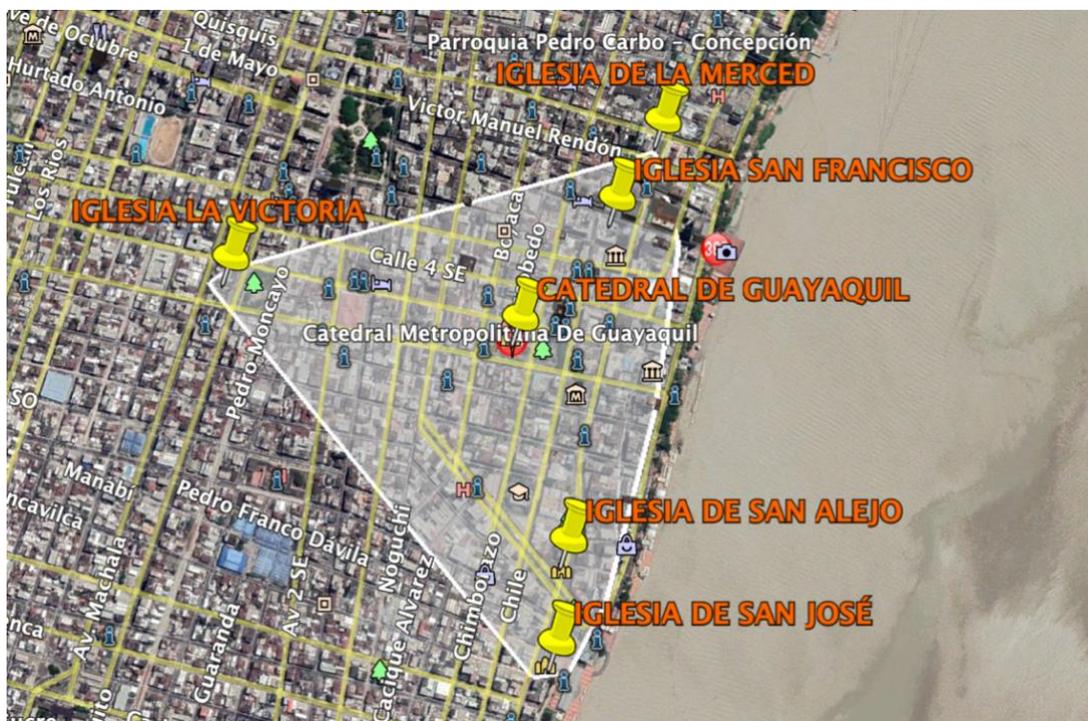


Ilustración 36 Iglesias para caso de estudio en Guayaquil. Extraída de Google Earth.

Tabla 10 Caracterización Geotécnica de los materiales en función de las Vs

Caracterización geotécnica	Vs Velocidad de onda de corte [m/s]	Descripción litológica	Descripción geológica
Suelos blandos	130-180	Sedimentos de grano fino predominando limos y arcillas	Depósitos Lacustres
Suelos rígidos	180-360		
Semiroca	360-610	Lutitas negras. Lutitas tobáceas, silíceas; aglomerados, areniscas.	Formación Cayo
Roca meteorizada	610-1100		
Roca no meteorizada	1100-1750		

Fuente: GEOESTUDIO S.A

3.10.1. Clasificación de los perfiles de suelo según NEC – 15

Del mapa actualizado geológico de la ciudad de Guayaquil se pudo obtener la descripción del suelo que esta bajo las iglesias: La Merced, San Francisco, San Alejo, San José, La Victoria y la Catedral; este corresponde a un suelo tipo Ce, quiere decir que esta formado por arcillas limosas gris verdosa con diatomeas y presencia de un cementante desarrollado en ambiente anóxico (pirita), capas de arenas limosas y esporádicos bancos de arena con restos de conchas. (Vera-Grunauer, 2013)

Al estar formado por arcillas son suelos blandos por ende corresponde a una velocidad de onda de corte de: 130 – 180 m/s según la tabla de caracterización geotécnica de los materiales en función de las Vs. Por lo tanto el tipo de perfil de suelo para los casos de estudio es tipo E.

Tabla 11 Tipo de perfiles para casos de estudio en Guayaquil.

Edificación	Velocidad de onda VS (m/s)	Tipo de suelo según NEC - 15
La Catedral	130 - 180	E
Templo La Victoria	130 - 180	E
Templo San Francisco	130 - 180	E
Iglesia San Alejo	130 - 180	E

Iglesia San José	130 - 180	E
Iglesia de La Merced	130 - 180	E

Fuente: Andrei Moreno.

3.11. Tipo de suelos en Portoviejo.

Se ubicó la zona donde están las edificaciones que fueron afectadas por los sismos tales como: La Catedral Metropolitana de Portoviejo y la Iglesia de La Merced (Ver ilustración 37); con el mapa de caracterización de suelo mediante ondas de corte Vs 30 para la ciudad de Portoviejo (Ver ilustración 38) se encontró cual la velocidad correspondiente para cada caso y se pudo clasificar el tipo de perfil de suelo correspondiente a cada uno (Tabla 12).

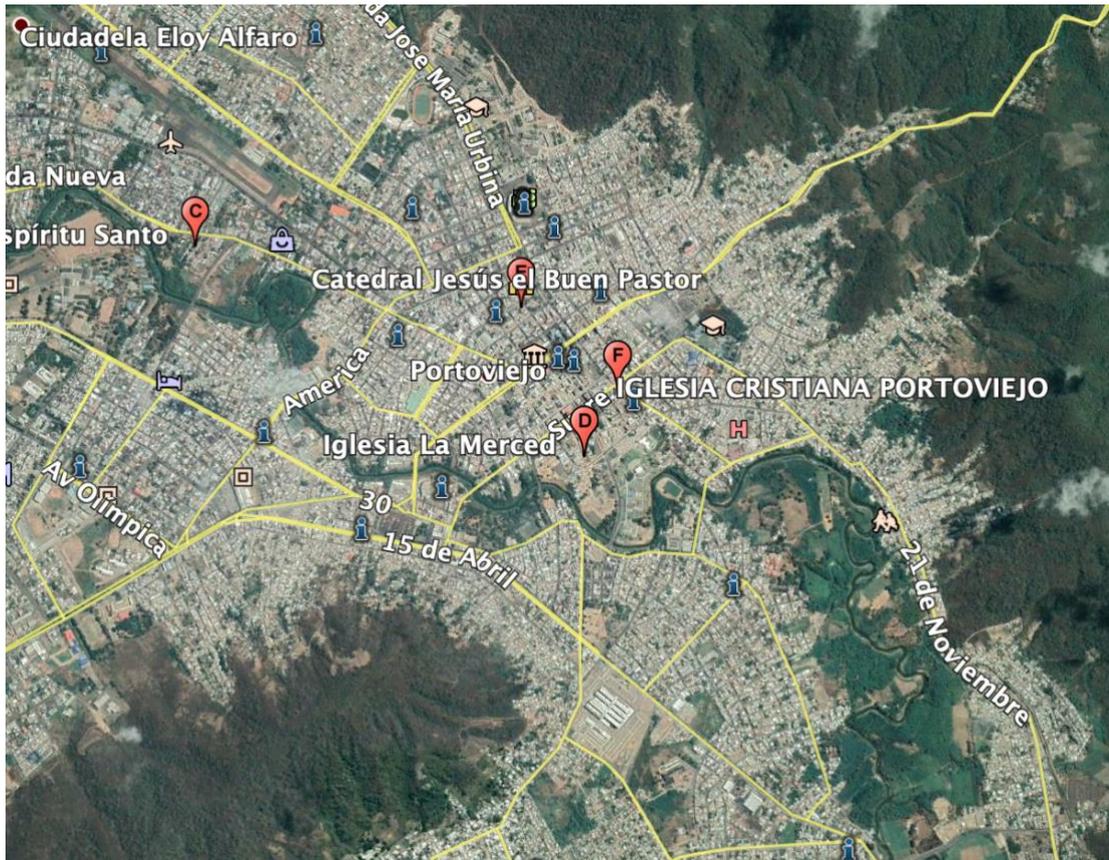


Ilustración 37 Ubicación de la Catedral de Portoviejo y la Iglesia de La Merced. Extraído de Google Earth.

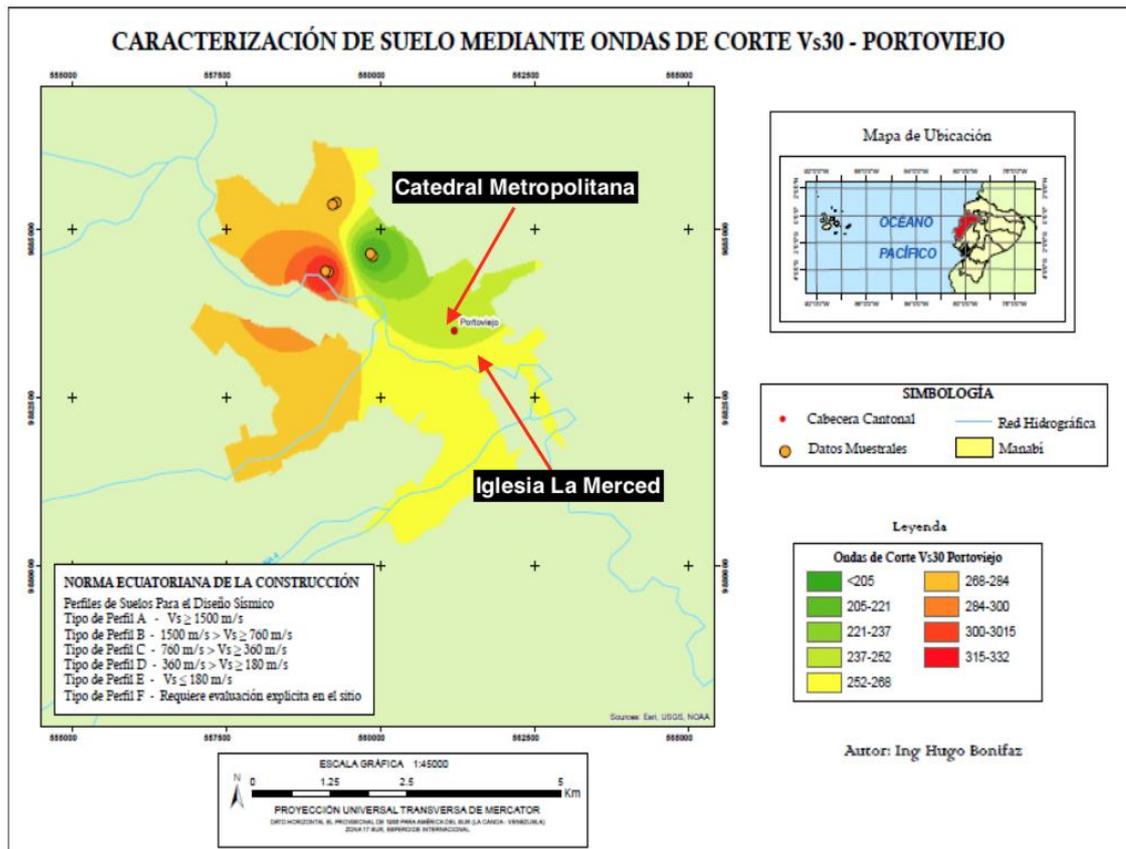


Ilustración 38 Caracterización de suelo mediante ondas de corte Vs 30 - Portoviejo.

Fuente: Bonifaz & Haro, 2018

Tabla 12 Tipo de perfiles para casos de estudio en Portoviejo.

Edificación	Velocidad de onda VS (m/s)	Tipo de suelo según NEC - 15
Catedral La Dolorosa	287,1 - 315,9	D
Iglesia Nuestra Señora del Rosario	229,6 - 258,3	D

Fuente: Andrei Moreno R.

3.12. Tipo de suelos en Manta.

Se ubicó la zona donde están las edificaciones que fueron afectadas por los sismos tales como: La Catedral de la Dolorosa y la Iglesia de Nuestra señora del Rosario (Ver ilustración 39); con el mapa de caracterización de suelo mediante ondas de corte Vs30 para la ciudad de

Manta (Ver ilustración 40) se encontró cual la velocidad correspondiente para cada caso y se pudo clasificar el tipo de perfil de suelo correspondiente a cada uno (Tabla 13).

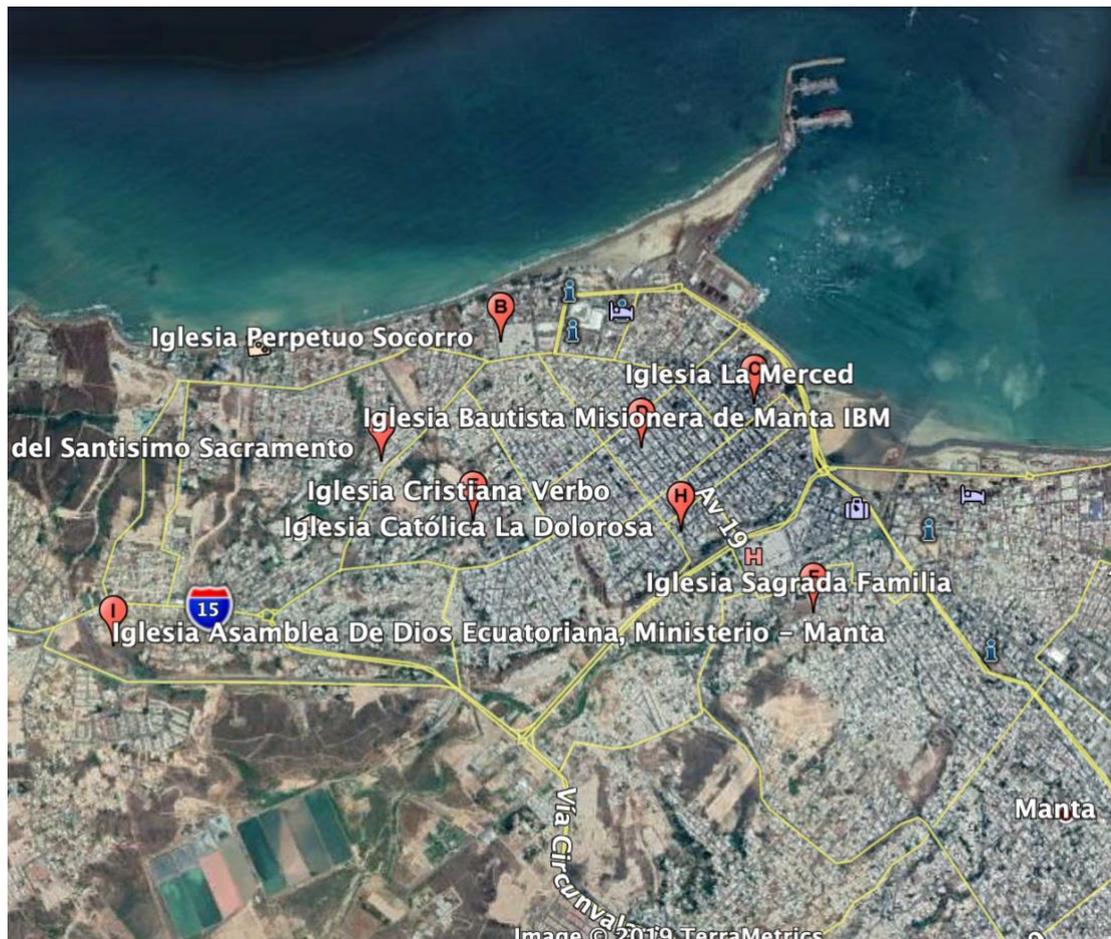


Ilustración 39 Ubicación de la Catedral de la Dolorosa y la iglesia de Nuestra Señora del Rosario en la ciudad de Manta. Extraído de Google Earth.

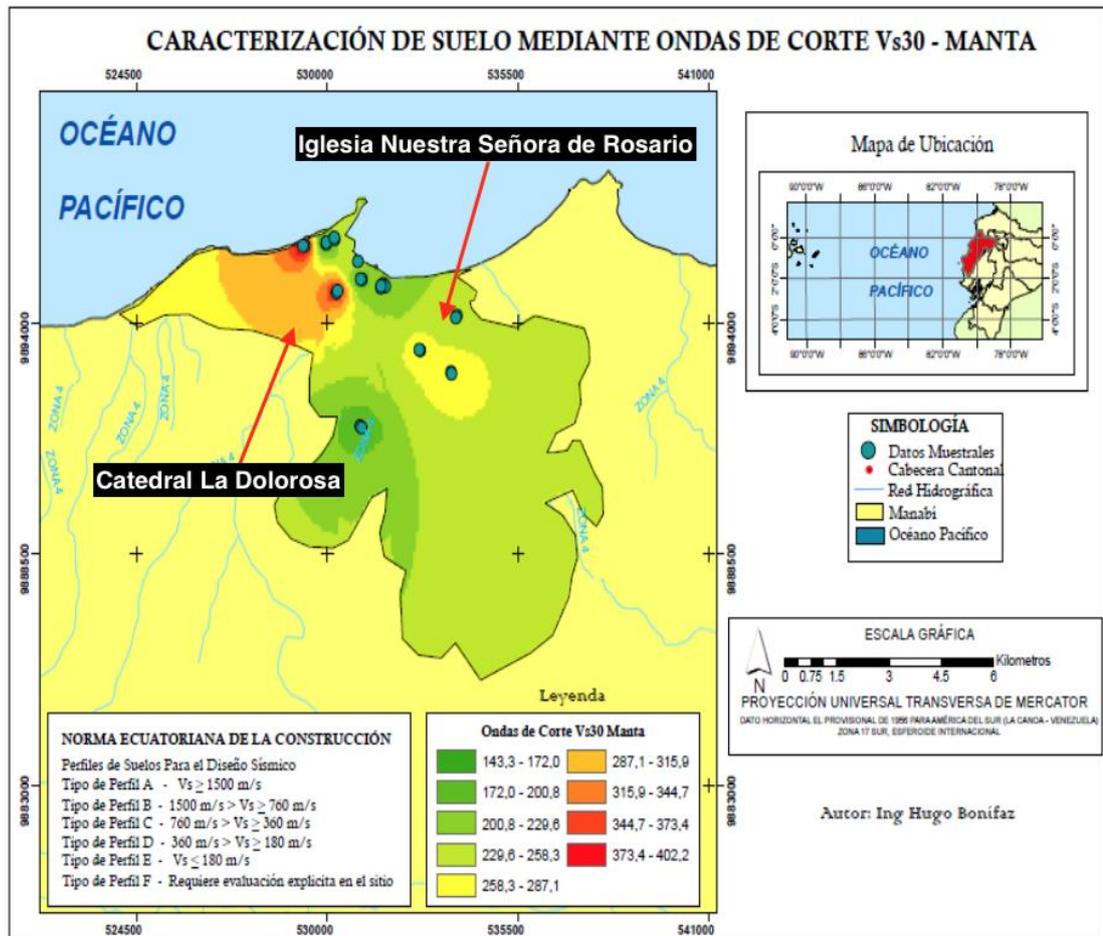


Ilustración 40 Caracterización de suelo mediante ondas de corte Vs 30 - Manta.

Fuente: Bonifaz & Haro, 2018

Tabla 13 Tipo de perfiles para casos de estudio en Manta.

Edificación	Velocidad de onda VS (m/s)	Tipo de suelo según NEC - 15
Catedral La Dolorosa	287,1 - 315,9	D
Iglesia Nuestra Señora del Rosario	229,6 - 258,3	D

Fuente: Andrei Moreno R.

3.13. Tipo de suelos en Bahía de Caráquez.

Se ubicó la zona donde están las edificaciones para el caso de estudio tales como: La Iglesia de La Merced y el templo de velaciones (Ver ilustración 41); con el mapa de caracterización de suelo mediante ondas de corte Vs30 para la ciudad de Manta (Ver ilustración 42) se encontró cual la velocidad correspondiente para cada caso y se pudo clasificar el tipo de perfil de suelo correspondiente a cada uno (Tabla 14).



Ilustración 41 Ubicación de la iglesia de La Merced y el templo de velaciones en la ciudad de Bahía de Caráquez. Extraído de Google Earth.

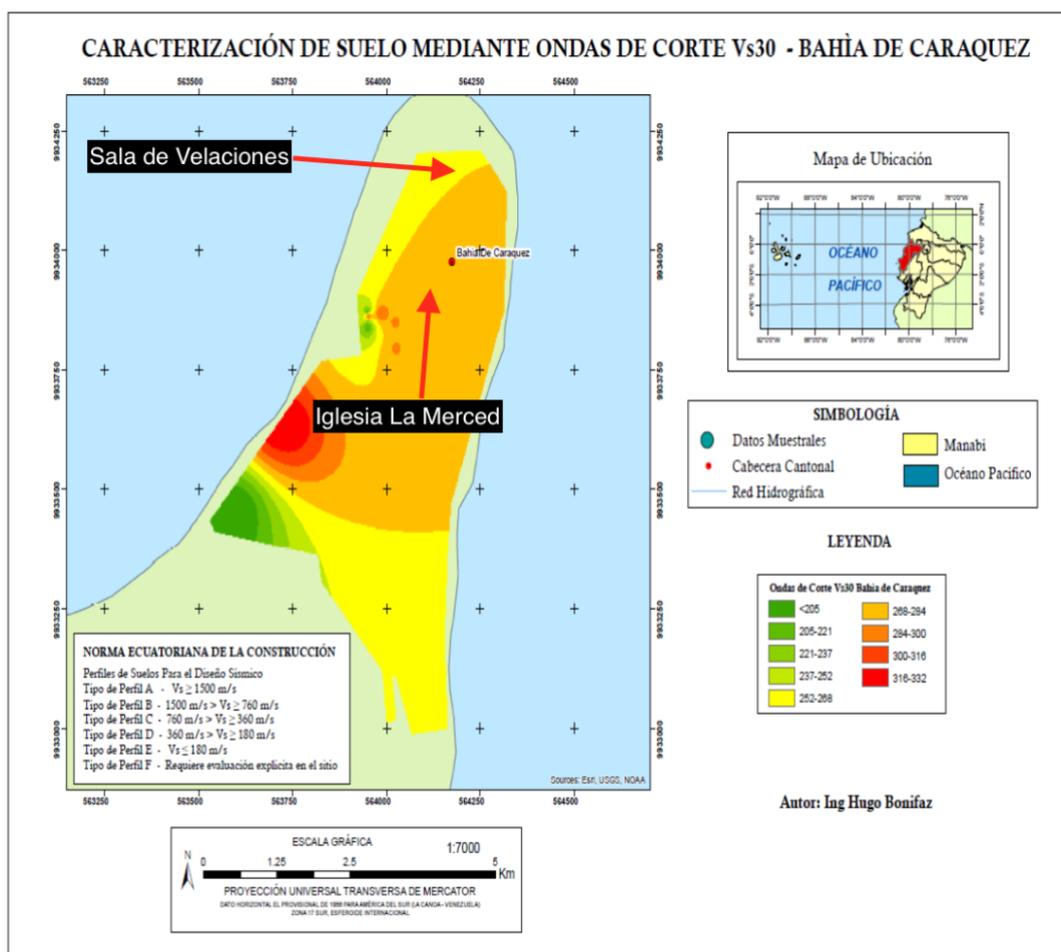


Ilustración 42 Caracterización de suelo mediante ondas de corte Vs 30 - Bahía de Caraquez.

Fuente: Bonifaz & Haro, 2018

Tabla 14 Tipo de perfiles para casos de estudio en Bahía de Caraquez.

Edificación	Velocidad de onda VS (m/s)	Tipo de suelo según NEC - 15
Sala de velaciones	268 - 284	D
Iglesia de La Merced	252 - 268	D

Fuente: Andrei Moreno R.

CAPITULO IV: METODOLOGIA

En base a la información obtenida en los capítulos anteriores se puede clasificar el tipo de fallas que presentan cada edificación: estructurales y no estructurales; a partir de este análisis se puede tener una idea más clara del grado de daño que presentó cada caso en los diferentes sismos ocurridos en el país.

Se va a elaborar los espectros de respuesta mediante las curvas de peligro sísmico para las capitales de provincia según la NEC – 15 para los diferentes tipos de sismos: frecuente, ocasional, raro, muy raro; con esto se va a definir los diferentes niveles de aceleración sísmica.

Comparamos con los registros de los movimientos de suelo durante los sismos proporcionados por la red de estaciones del Instituto Geofísico Nacional que están ubicados sobre suelos firmes, blandos o granulares; después se va a calcular el periodo de la estructura en base a la altura y los coeficientes que define el tipo de edificación.

Se calcula las derivas máximas inelásticas mediante los desplazamientos que presenta cada estructura con el fin de saber si están dentro del rango permitido según su altura y como lo establece la NEC – 15.

Mediante este proceso se puede determinar el sismo que afectó a los casos de estudio: frecuente, ocasional, raro o muy raro; con esa información y los parámetros establecidos en la NEC – 15 analizaremos el comportamiento de cada estructura para determinar si se cumplió con lo establecido, es decir si hubo un adecuado desempeño sísmico.

4.1. Curvas de peligro sísmico.

Para el diseño de estructuras de ocupación especial es necesario usar diferentes niveles de peligro sísmico con el fin de comprobar el desempeño de cada edificación. Para definir los diferentes niveles de aceleración sísmica esperada en roca, se proporcionan las curvas de

peligro sísmico para cada capital de provincia (Ver ilustración 43 y 44), en donde se relaciona el nivel de probabilidad anual de excedencia (Ver tabla 15) con el valor de la aceleración sísmica en el terreno (PGA). (NEC, 2015)

Con la ayuda de esta curva se obtuvo los espectros de respuestas los cuales corresponden a suelo tipo B para los diferentes tipos de sismos: frecuentes, ocasionales, raro y muy raro. Para los casos de estudio serán las ciudades de Guayaquil y Portoviejo.

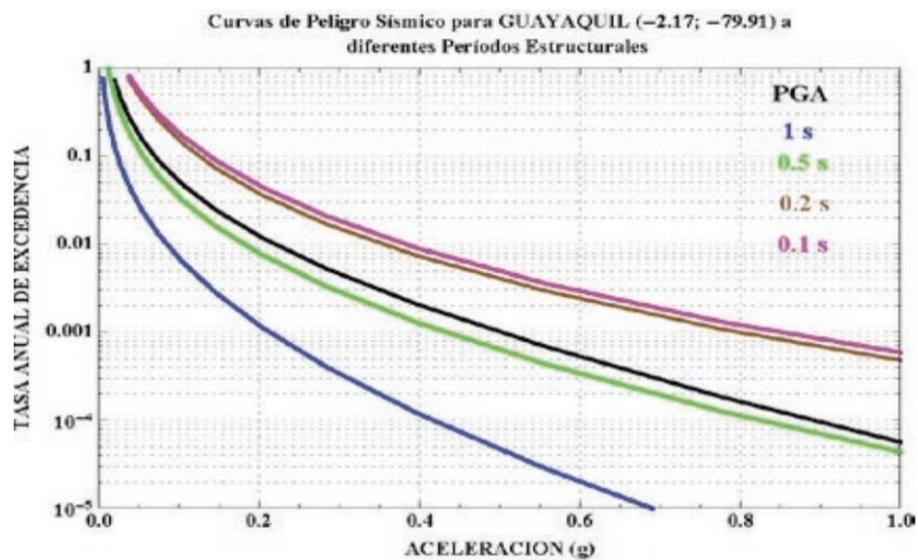


Ilustración 43 Curva de peligro sísmico para Guayaquil.

Fuente: NEC-SE.DS Peligro Sísmico, 2015.

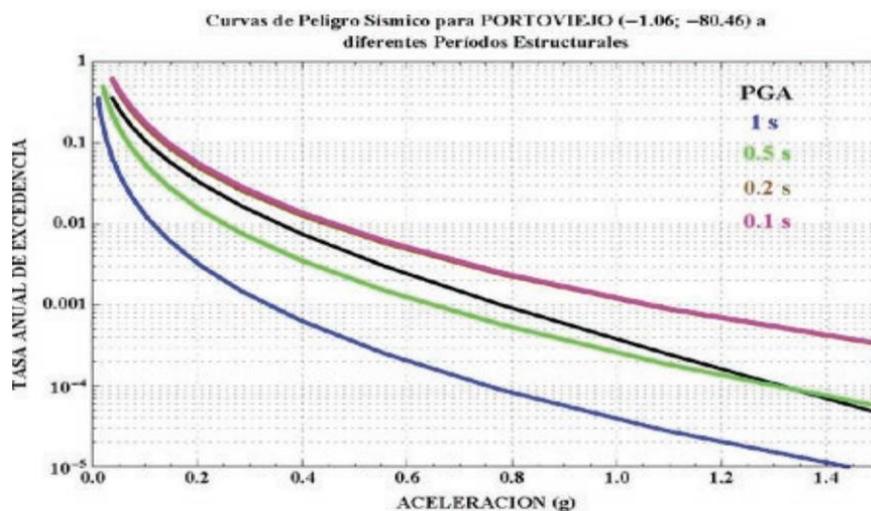


Ilustración 44 Curva de peligro sísmico para Portoviejo.

Fuente: NEC-SE.DS Peligro Sísmico, 2015.

En la siguiente tabla 15 se presentan la clasificación de los sismos dependiendo de su periodo de retorno con su respectivo valor de tasa anual de excedencia.

Tabla 15 Nivel de amenaza sísmica.

Nivel de sismo	Sismo	Probabilidad de excedencia en 50 años	Período de retorno T_r (años)	Tasa anual de excedencia ($1/T_r$)
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%	2 500	0.00040

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico, 2015.

Con los valores de la tasa anual de excedencia de cada tipo de sismo relacionados con los periodos: 0.1 segundos, 0.2 segundos, 0.5 segundos, 1 segundo se obtuvo los espectros de respuesta de aceleración en roca, para las demás ciudades de estudio se usan los valores de sus respectivas ciudades capitales para cada provincia.

4.2. Zonificación sísmica y factor de zona Z

El valor de Z representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad. (NEC, 2015)

El lugar donde esta construida la estructura estará determinada en una de las seis zonas sísmicas del Ecuador, caracterizada por el valor del factor de zona Z(Ver tabla 16). El siguiente mapa (Ver ilustración 45) es el resultado del estudio de peligro sísmico para un período de retorno 475 años, es decir para un sismo raro. (NEC, 2015)

Tabla 16 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.

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

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico, 2015.

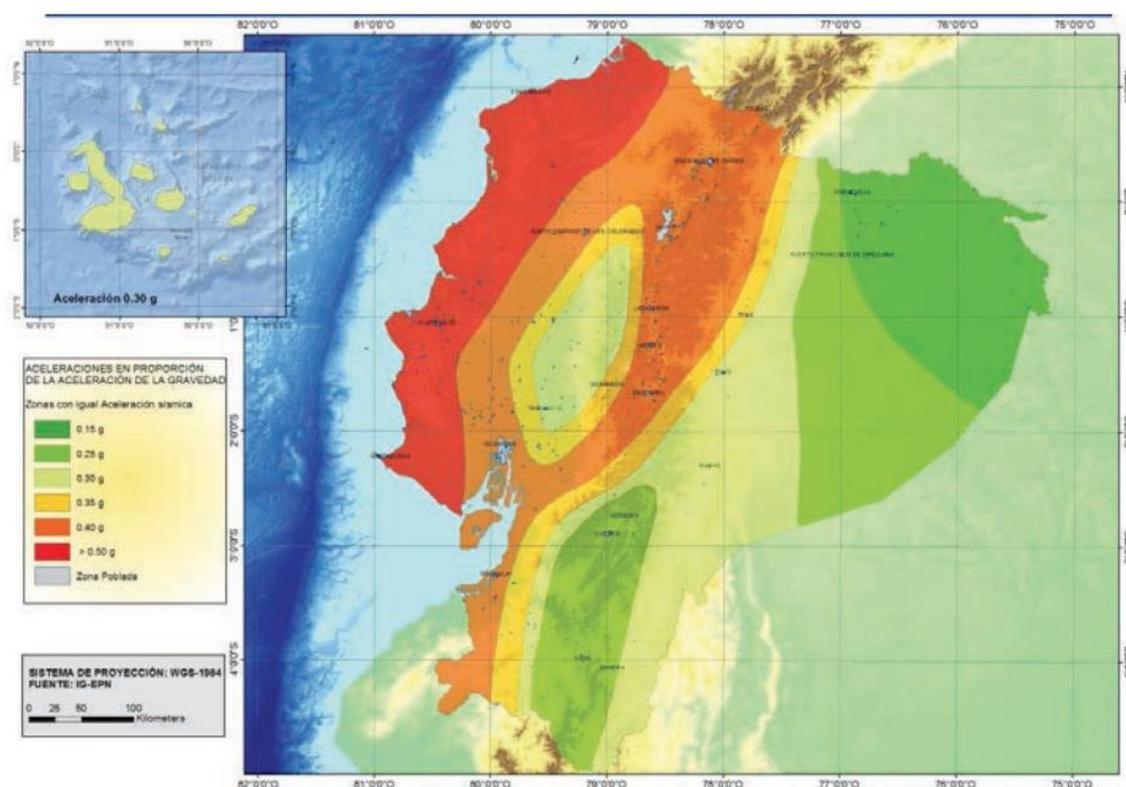


Ilustración 45 Mapa de las zonas sísmicas en Ecuador.

Fuente: NEC-SE.DS Peligro Sísmico, 2015.

La NEC – 15 provee las tablas del valor Z para las diferentes ciudades en el país, se va a tomar en cuenta aquellas que sean para el caso de estudio, sin embargo dichos valores solo abarcan los sismos para un periodo de retorno de 475 años esto equivale a un sismo raro; para el tipo de sismo frecuente, ocasional y muy raro se utilizará las curvas de peligro de las ciudades capitales de las provincias de Guayas (Ver ilustración 43) y Manabí (Ver ilustración 44).

4.3. Factor Z Guayaquil

A continuación se presenta los valores del factor Z para la ciudad de Guayaquil (Ver tabla 17).

Tabla 17 Valor Z de un sismo raro para la ciudad de Guayaquil.

Población	Cantón	Provincia	Z
Guayaquil	Guayaquil	Guayas	0,4

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

Considerando el factor Z en la ciudad de Guayaquil se tiene un peligro sísmico alto (Ver tabla 18).

Tabla 18 Valores del factor Z en función de la zona sísmica de Guayaquil.

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

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

4.4. Factor Z Portoviejo

A continuación se presenta los valores del factor Z para la ciudad de Portoviejo (Ver tabla 19)

Tabla 19 Valor Z de un sismo raro para la ciudad de Portoviejo.

Población	Cantón	Provincia	Z
Portoviejo	Portoviejo	Manabí	0,5

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

Considerando el factor Z en la ciudad de Portoviejo se tiene un peligro sísmico muy alto. (Ver tabla 20).

Tabla 20 Valores del factor Z en función de la zona sísmica de Portoviejo.

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

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

4.5. Factor Z Manta.

A continuación se presenta los valores del factor Z para la ciudad de Manta (Ver tabla 21).

Tabla 21 Valor Z de un sismo raro para la ciudad de Manta

Población	Cantón	Provincia	Z
Manta	Manta	Manabí	0,5

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

Considerando el factor Z en la ciudad de Manta se tiene un peligro sísmico muy alto. (Ver tabla 22).

Tabla 22 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada en Manta.

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

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

4.6. Factor Z Bahía de Caráquez.

A continuación se presenta los valores del factor Z para la ciudad de Bahía de Caráquez (Ver tabla 23).

Tabla 23 Valor Z de un sismo raro para la ciudad de Bahía de Caráquez

Población	Cantón	Provincia	Z
Bahía de Caráquez	Sucre	Manabí	0,5

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

Considerando el factor Z en la ciudad de Bahía de Caráquez se tiene un peligro sísmico muy alto. (Ver tabla 24).

Tabla 24 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada en Bahía de Caráquez.

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

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

4.7. Espectro de respuesta elástico de diseño en aceleraciones.

Para realizar los espectros de diseño elástico se considera los coeficientes de amplificación del suelo F_a , F_d , y F_s que se encuentran en la NEC – 15 (Ver tablas 25, 26 y 27), estos coeficientes dependen el valor Z y el tipo de suelo para cada caso de estudio.

4.7.1. Coeficientes de perfil de suelo F_a , F_d y F_s

- F_a : Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto.

Tabla 25 Tipos de suelo y factores Fa.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

- Fd: Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca.

Tabla 26 Tipos de suelo y factores Fd.

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

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

- Fs: comportamiento no lineal de los suelos.

Tabla 27 Tipo de suelo y factores de comportamiento inelástico del 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	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015

Con los factores Fa, Fd y Fs se puede elaborar el espectro de respuesta elástico de aceleración. Dicho espectro obedece a una fracción de amortiguamiento respecto al crítico de 5% y se lo obtiene mediante las siguientes ecuaciones, validas para periodos de vibración estructural T pertenecientes a los siguientes rangos: (NEC, 2015)

- Para $T = 0$

$$Sa = z * Fa$$

- Para $0 \leq T \leq T_0$

$$Sa = \eta * Z * Fa$$

- Para $T > T_c$

$$Sa = \eta * Z * Fa \left(\frac{T_c}{T} \right)^r$$

r= 1, para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E.

$r=1.5$, para tipo de suelo E.

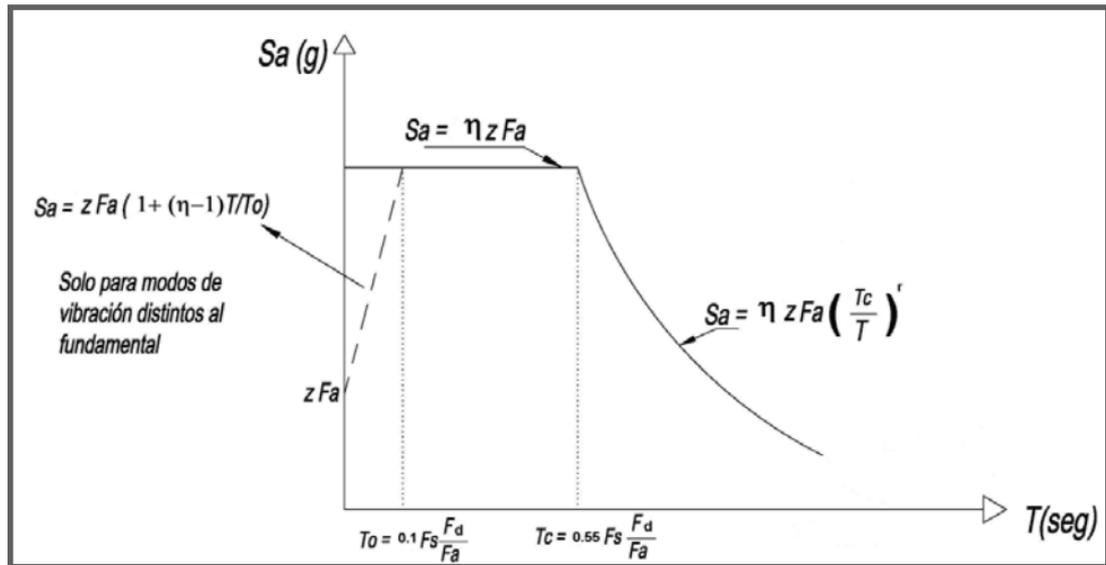


Ilustración 46 Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

Dónde:

- **η** : Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.
- **F_a** : Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.
- **F_d** : Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.
- **F_s** : Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período 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.

- **r**: Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto.
- **Sa**: Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del período o modo de vibración de la estructura.
- **T**: Período fundamental de vibración de la estructura.
- **To**: Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.
- **Tc**: Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.
- **Z**: Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g.

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

Los valores de la relación de amplificación espectral η (Sa/Z , en roca), varían dependiendo de la región del Ecuador como se indica a continuación:

- $\eta = 1.80$: Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas),
- $\eta = 2.48$: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
- $\eta = 2.60$: Provincias del Oriente

Ilustración 47 Valores η para cada región en Ecuador.

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

Para obtener el periodo de vibración TC y TL se usan las siguientes expresiones:

$$Tc = 0.55 * Fs * \left(\frac{Fd}{Fa} \right)$$

$$Tl = 2.4 * Fd$$

Donde:

- **Fa:** Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.
- **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.
- **Fs:** Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período 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.
- **Tc:** es el período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.
- **TI:** es el período límite de vibración utilizado para la definición de espectro de respuesta en desplazamiento.

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

4.8. Período de vibración de las estructuras

El cálculo del período de cada estructura depende de la altura y los coeficientes que define el tipo de edificación, para dicho cálculo se usa la siguiente expresión:

$$T = Ct * hn^{\alpha}$$

Donde:

- **Ct:** Coeficiente que depende el tipo de edificio.

- h_n : Altura máxima de edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura en metros.
- T : Período de la vibración.

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

Los coeficientes C_t según el tipo de estructura se presentan a continuación, ver tabla 28.

Tabla 28 Los coeficientes C_t para cada tipo de estructura.

Tipo de estructura	C_t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	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

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

4.9. Espectro de respuesta elástica de diseño en desplazamientos.

Para la definición de los desplazamientos espectrales elásticos para diseño, correspondiente al nivel del sismo de diseño, se utilizará el siguiente espectro elástico de diseño de desplazamientos S_d (en metros) definido a partir del espectro de aceleraciones. (NEC, 2015)

Para poder graficar el espectro se usaran las formulas proporcionadas en la NEC – 15. Los valores de los periodos T_0 , T_c y T_L son los mismos que los usados en la sección 4.7, solo para los casos de suelos tipo D y E el valor limite de T_L será de 4 segundos.

- Para $0 \leq T \leq T_I$

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

- Para $T \geq T_l$

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

Dónde:

- **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 período o modo de vibración de la estructura

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

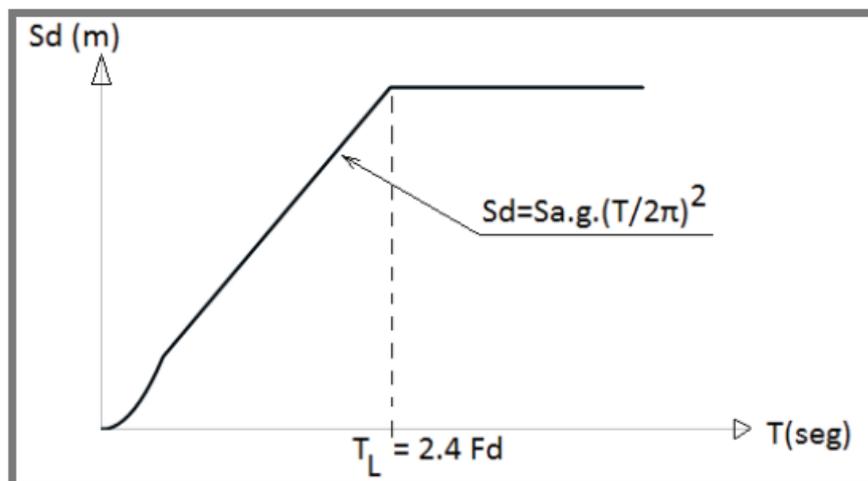


Ilustración 48 Espectro sísmico elástico de desplazamientos para diseño.

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

Donde:

- **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.

- **Sa:** Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad 37 g). Depende del período o modo de vibración de la estructura.
- **T:** Período fundamental de vibración de la estructura.

4.10. Derivas máximas de piso

Por medio del calculo de derivas inelásticas máximas de piso se podrá hacer un control de las deformaciones presentadas en los casos de estudio. Los valores máximos están establecidos en la NEC-15 y se presentan en la tabla 29 donde se expresa la deriva máxima como un porcentaje de la altura de piso.

Tabla 29 Valores de Δ_M máximos, expresados como fracción de la altura de piso.

Estructuras de:	Δ_M máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

Los limites de deriva máxima inelástica Δ_M serán calculados mediante la siguiente expresión según lo indica la NEC – 15, sección 6.3.9. Se deberá verificar que cumplan con los parámetros establecidos.

$$\Delta_E = \frac{Sd}{H}$$

$$\Delta_M = 0.75 * R * \Delta_E$$

$$\Delta_M < \Delta_M \text{máxima}$$

Donde:

- Δ_M : Deriva máxima inelástica.

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

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

4.11. Niveles de desempeño sísmico en estructuras especiales.

De acuerdo con lo establecido en la NEC – 15 se debe verificar el correcto desempeño sísmico según su respectivo rango inelástico; se presentan los límites de daño para los casos de un terremoto con periodo de retorno de 475 años y 2500 años respectivamente en base a su tasa anual de excedencia, ver tabla 30.

Tabla 30 Nivel de desempeño estructural para estructuras esenciales y 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	0.00004

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

Para tender un concepto más claro se presenta cada tipo de sismo con sus respectivos datos, ver tabla 15.

Niveles de desempeño sísmico en estructuras normales

La filosofía de diseño sismo resistente también sintetiza lo que sigue para estructuras normales:

Tabla 31 Síntesis de la filosofía de diseño estructuras normales

Nivel de desempeño estructural (prevención)	Elementos estructurales	Elementos estructurales no	Tasa anual de excedencia
Servicio	Ningún daño	Ningún daño	0.023
Daño	Ningún daño	Daños	0.01389
Colapso	Cierto grado de daño	Daños considerables	0.00211

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015.

4.12. Factor de reducción sísmica (R)

Este factor permite una reducción de las fuerzas sísmicas de diseño, siempre y cuando las estructuras y sus conexiones estén diseñadas para generar mecanismos de falla previsible y con adecuada ductilidad, donde el daño se concentre en las secciones que deben trabajar como rotulas plásticas. (NEC, 2015)

Los factores de reducción de resistencia R dependen realmente de algunas variables, tales como:

- tipo de estructura
- tipo de suelo
- período de vibración considerado
- factores de ductilidad, sobre resistencia, redundancia y amortiguamiento de una estructura en condiciones límite

Para nuestro caso de estudio analizaremos estructuras especiales como: catedrales, iglesias y templos. Estos casos son considerados como estructuras diferentes a las de edificación, según la sección 9 de la NEC – 15, se permite una reducción de fuerzas sísmicas mínimas de diseño mediante el factor R cuando el diseño de este tipo de estructuras provea de suficiente resistencia y ductilidad a las mismas, de manera consistente con la filosofía de diseño y las especificaciones de la presente norma. (NEC, 2015)

A continuación se presenta los valores de R para estructuras diferentes a las de edificación (Ver tabla 32).

Tabla 32 Factor de reducción de respuesta R para estructuras diferentes a las de edificación

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 o con elementos armados de placas.	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

Fuente: NEC-SE-DS Peligro Sísmico 2015 (CAMBIAR TABLA)

4.13. Estaciones acelerográficas en Ecuador

Con las estaciones distribuidas en diferentes zonas de Ecuador se puede obtener la aceleración máxima de estas, es un dato necesario para determinar el tipo de sismo que afecto cada edificación y posteriormente establecer el comportamiento sísmico de cada estructura. En Guayaquil se uso la estación GYE1. Para Manta la estación AMNT, Portoviejo la estación APO1, en Bahía de Caráquez no hay estaciones por lo que se trabajó con la estación de Chone ACHN ya que comparten un tipo de suelo similar.

A continuación en la tabla 33 se presentan algunas estaciones ubicadas en diferentes provincias del Ecuador.

Tabla 33 Estaciones de acelerómetros con su respectiva ubicación geográfica.

Estación	Ciudad	Coordenadas geográficas		R _{RUP} (km)	V _{S30} (m/s)	PGA (g)		
		Latitud	Longitud			EW	NS	VER
PDNS	Pedernales	0° 6' 39.6" N	79° 59' 27.6" W	21	-	1.034	0.942	0.573
APED	Pedernales	0° 4' 4.8" N	80° 3' 25.2" W	20	342 ^a	1.408	0.83	0.742
AES2	Esmeraldas	0° 59' 27.6" N	79° 38' 45.6" W	51	-	0.154	0.111	0.044
ACHN	Chone	0° 41' 52.8" S	80° 5' 2.4" W	34	200 ^a	0.328	0.371	0.173
APO1	Portoviejo	1° 2' 16.8" S	80° 27' 36" W	73	224 ^a	0.317	0.381	0.105
AMNT	Manta	0° 56' 27.6" S	80° 44' 6" W	76	496 ^a	0.404	0.525	0.162
EPNL	Quito	0° 12' 43.2" S	78° 29' 31.2" W	104	-	0.027	0.02	0.013
AGYE	Guayaquil	2° 3' 14.4" S	79° 57' 7.2" W	155	1800 ^b	0.019	0.024	0.015
AGY1	Guayaquil	2° 15' 3.6" S	79° 54' 36" W	175	178 ^b	0.059	0.065	0.02
AGY2	Guayaquil	-2° 11' 56.4" S	79° 53' 56.4" W	170	101 ^b	0.094	0.098	0.038

Fuente: (GEER-ATC, 2016)



Ilustración 49 Distribución de equipos acelerográficos en el Ecuador.

Fuente: Viracucha C., Singaicho JC. - IGEPN

4.14. Acelerógrafos en Guayaquil

En Guayaquil existen 3 estaciones denominadas GYE, GYE1 y GYE2 cada una esta ubicada en los 3 sectores principales de la ciudad: norte, centro y sur.

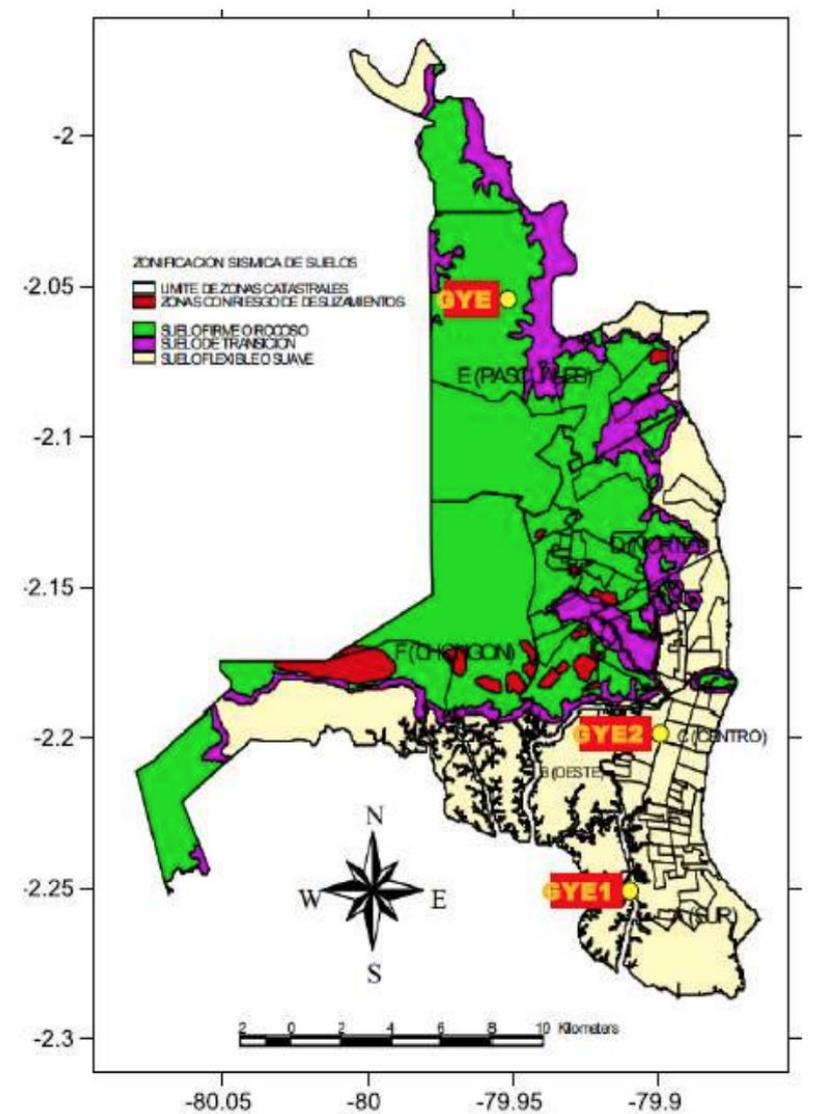


Ilustración 50 Ubicación de las diferentes estaciones distribuidas en la ciudad de Guayaquil.

Fuente: Proyecto RADIUS

4.14.1. Tipo de suelo en las estaciones de Guayaquil

De acuerdo con la información obtenida del Proyecto RADIUS y de los análisis preliminares realizados por el IG-EPN, la estación GYE se ubica

en un tipo de suelo denominado “Firme o Rocoso” mientras que el tipo de suelo para las estaciones GYE1 y GYE2 es considerado como “Flexible o Suave”. (Argudo, 1999)

Los casos de estudios están ubicados en el centro de la ciudad, quiere decir que el tipo de suelo por debajo de las edificaciones es el mismo que las estaciones GYE1 y GYE2.

4.15. Acelerógrafos en Manabí

A continuación se presenta un listado de las diferentes estaciones ubicadas en Manabí con sus respectivas características del suelo sobre el cual están ubicadas (Ver tabla 34), sin embargo como se lo menciono anteriormente en el capítulo 4.13. Nuestro caso de estudio requiere de las estaciones AMNT, APO1 y ACHN.

Tabla 34 Características del tipo de suelo en las estaciones de Manabí

Estación	Z	Tipo de suelo	V_{S30}	η	r	F_a	F_d	F_s
APED	0.5	D	342	1.8	1.0	1.12	1.11	1.40
PDNS	0.5	C	400	1.8	1.0	1.18	1.06	1.23
AMNT	0.5	C	496	1.8	1.0	1.18	1.06	1.23
APO1	0.5	D	224	1.8	1.0	1.18	1.11	1.40
ACHN	0.5	D	200	1.8	1.0	1.12	1.11	1.40

Fuente: (GEER-ATC, 2016)

CAPITULO V: MEMORIA DE CALCULO

5.1. Espectro de respuesta de la curva de peligro sísmico para suelo tipo B, Guayaquil.

5.1.1. Sismo frecuente

Mediante las curvas de peligro sísmico para Guayaquil (Ver ilustración 43), para un sismo frecuente se obtuvo los valores de la aceleración en roca PGA (Ver tabla 35) según los diferentes periodos: $T=0.1$, $T=0.2$, $T=0.5$ y $T=1$.

Tabla 35 Datos hallados para un sismo frecuente en base a la curva de peligro sísmico para Guayaquil.

SISMO FRECUENTE	
Sa	aceleración (g)
PGA	0.2
1	0,075
0.5	0,16
0.2	0,31
0.1	0,34

Fuente: Andrei Moreno, 2020

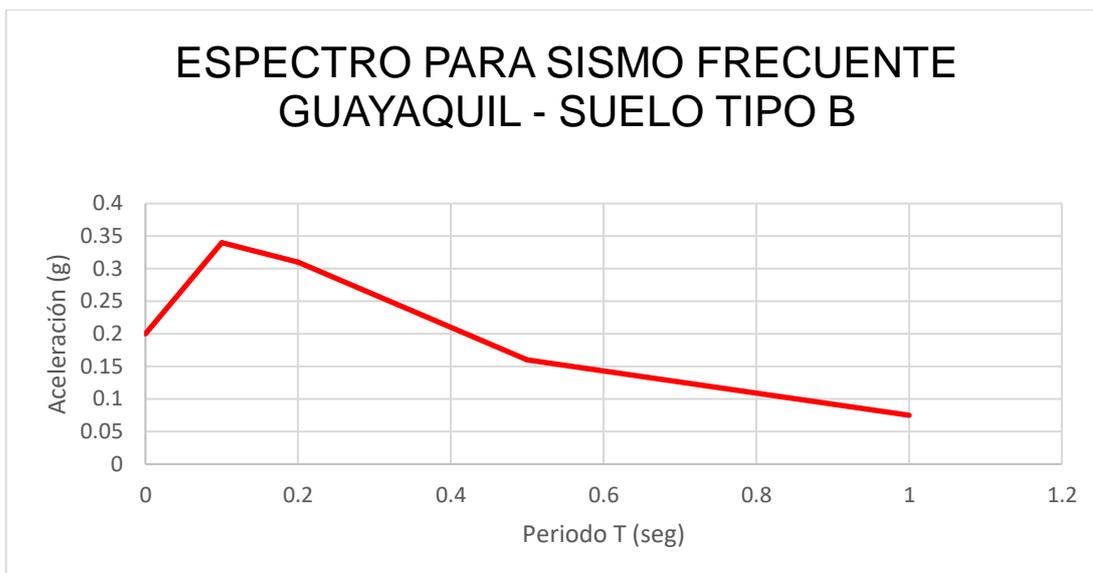


Ilustración 51 Espectro de respuesta para un sismo frecuente, Guayaquil suelo tipo B.

Fuente: Andrei Moreno, 2020

5.1.2. Sismo ocasional

Mediante las curvas de peligro sísmico para Guayaquil (Ver ilustración 43), para un sismo ocasional se obtuvo los valores de la aceleración en roca PGA (Ver tabla 36) según los diferentes periodos: $T=0.1$, $T=0.2$, $T=0.5$ y $T=1$.

Tabla 36 Datos hallados para un sismo ocasional en base a la curva de peligro sísmico para Guayaquil.

SISMO OCASIONAL	
Sa	aceleración (g)
PGA	0,3
1	0,12
0.5	0,25
0.2	0,5
0.1	0,54

Fuente: Andrei Moreno, 2020

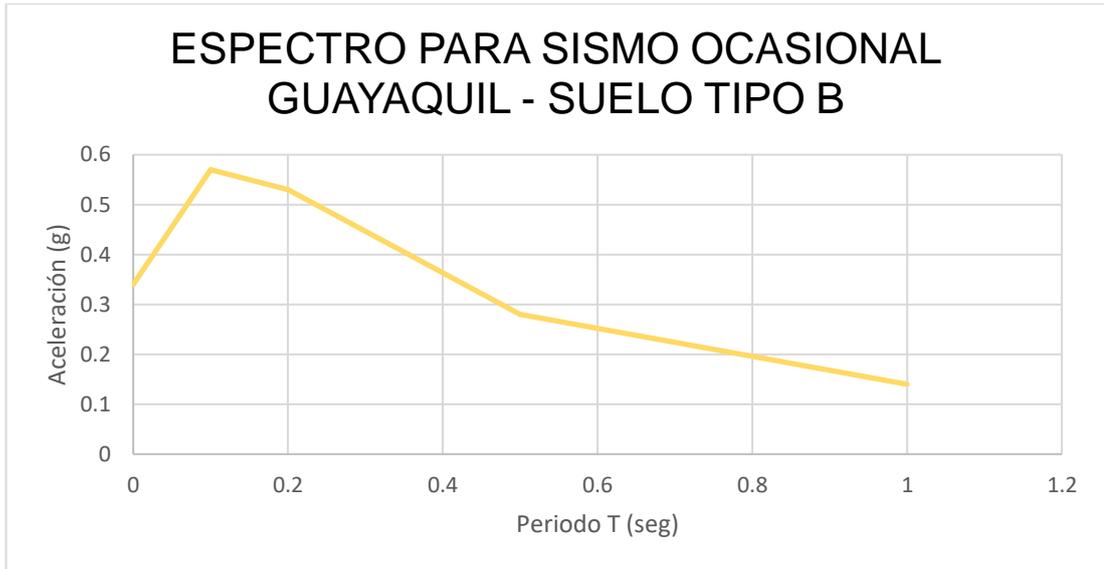


Ilustración 52 Espectro de respuesta para un sismo ocasional, Guayaquil suelo tipo B.

Fuente: Andrei Moreno, 2020

5.1.3. Sismo raro

Mediante las curvas de peligro sísmico para Guayaquil (Ver ilustración 43), para un sismo raro se obtuvo los valores de la aceleración en roca PGA (Ver tabla 37) según los diferentes periodos: $T=0.1$, $T=0.2$, $T=0.5$ y $T=1$.

Tabla 37 Datos hallados para un sismo raro en base a la curva de peligro sísmico para Guayaquil.

SISMO RARO	
Sa	aceleración (g)
PGA	0,4
1	0,17
0.5	0,35
0.2	0,64
0.1	0,7

Fuente: Andrei Moreno, 2020

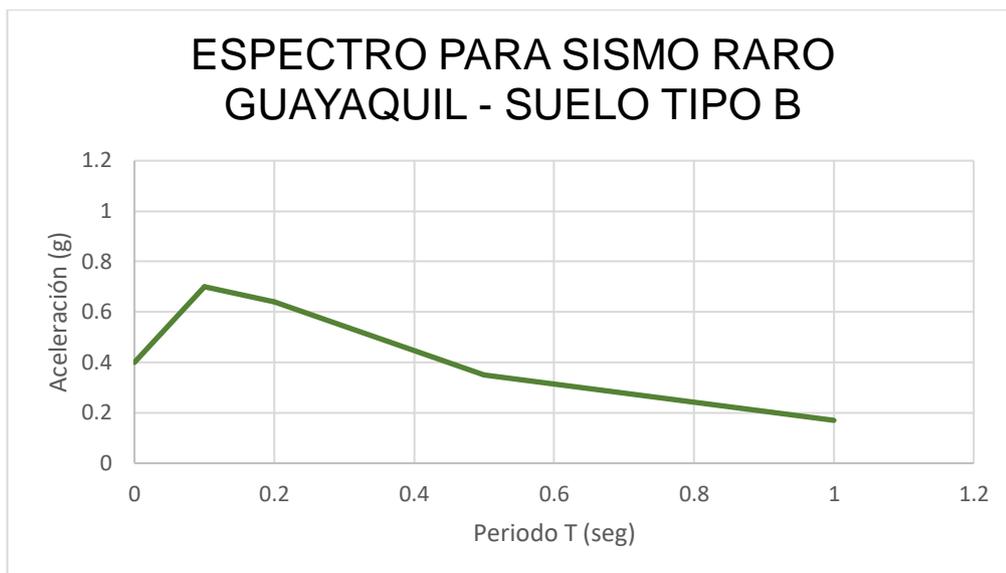


Ilustración 53 Espectro de respuesta para un sismo raro, Guayaquil suelo tipo B.

Fuente: Andrei Moreno, 2020

5.1.4. Sismo muy raro

Mediante las curvas de peligro sísmico para Guayaquil (Ver ilustración 43), para un sismo muy raro se obtuvo los valores de la aceleración en roca PGA (Ver tabla 38) según los diferentes periodos: $T=0.1$, $T=0.2$, $T=0.5$ y $T=1$.

Tabla 38 Datos hallados para un sismo muy raro en base a la curva de peligro sísmico para Guayaquil.

SISMO MUY RARO	
Sa	aceleración (g)
PGA	0,65
1	0,28
0.5	0,57
0.2	1
0.1	1

Fuente: Andrei Moreno, 2020

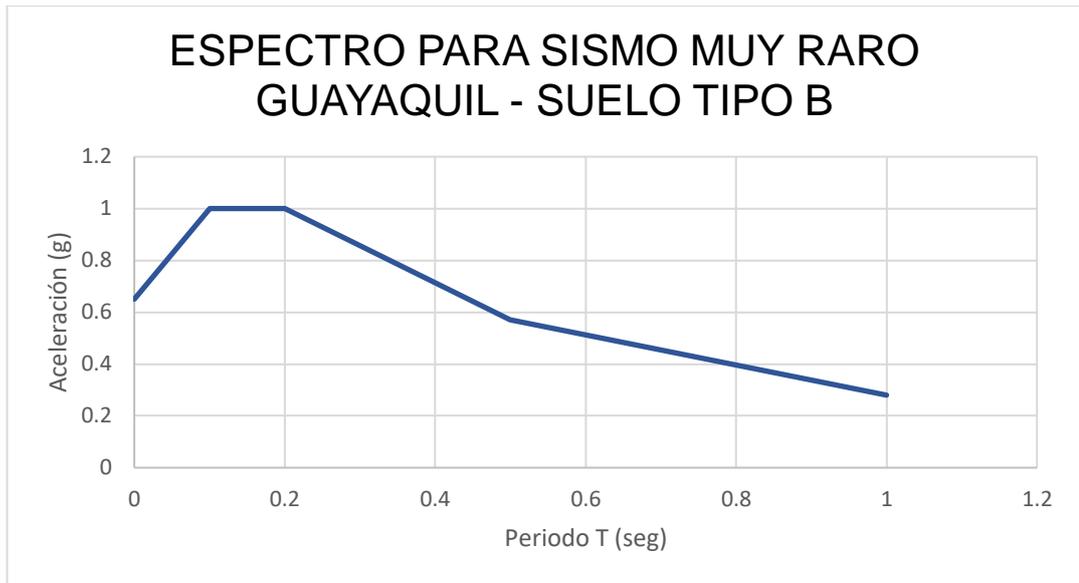


Ilustración 54 Espectro de respuesta para un sismo muy raro, Guayaquil suelo tipo B.

Fuente: Andrei Moreno, 2020

5.1.5. Espectros de respuesta curva de peligro sísmico Guayaquil para suelo tipo B

A continuación se presenta todos los espectros de respuesta obtenidos de las curvas de peligro sísmico de la ciudad de Guayaquil, para sismo: frecuente, ocasional, raro y muy raro.

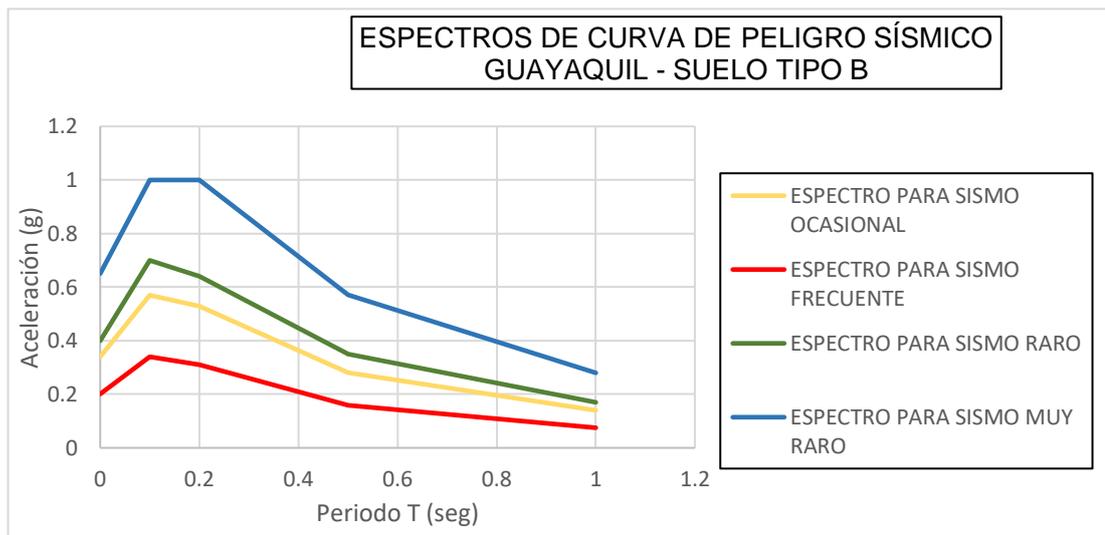


Ilustración 55 Espectros de respuesta curva de peligro sísmico para Guayaquil, suelo tipo B

Fuente: Andrei Moreno, 2020

5.2. Espectro de respuesta de la curva de peligro sísmico para suelo tipo B, Portoviejo.

5.2.1. Sismo frecuente

Mediante las curvas de peligro sísmico para Portoviejo (Ver ilustración 44), para un sismo frecuente se obtuvo los valores de la aceleración en roca PGA (Ver tabla 39) según los diferentes periodos: $T=0.1$, $T=0.2$, $T=0.5$ y $T=1$.

Tabla 39 Datos hallados para un sismo frecuente en base a la curva de peligro sísmico para Portoviejo.

SISMO FRECUENTE	
Sa	aceleración (g)
PGA	0,32
1	0,1
0,5	0,22
0,2	0,38
0,1	0,41

Fuente: Andrei Moreno, 2020

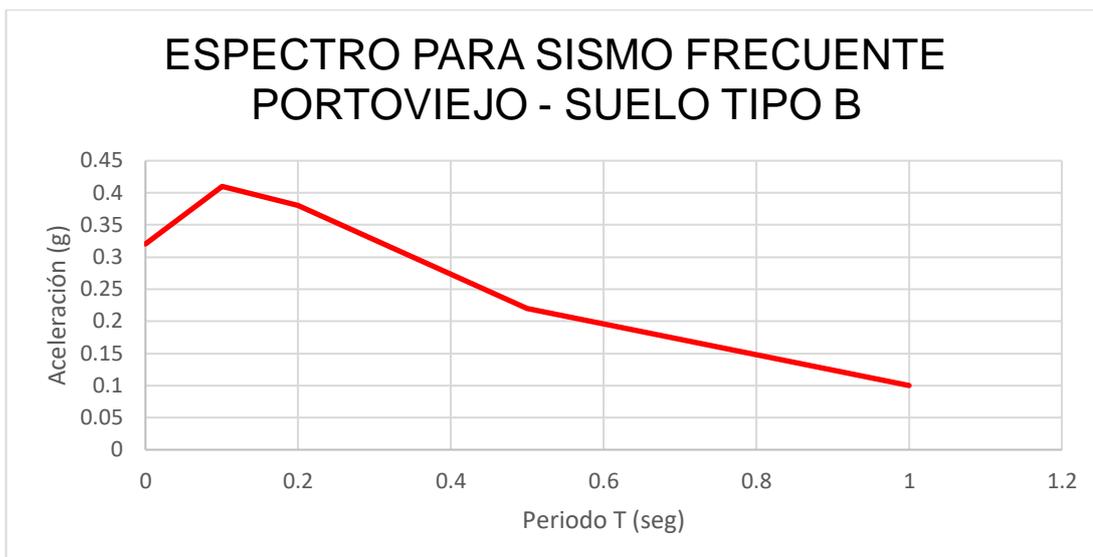


Ilustración 56 Espectro de respuesta para un sismo frecuente, Portoviejo suelo tipo B.

Fuente: Andrei Moreno, 2020

5.2.2. Sismo ocasional

Mediante las curvas de peligro sísmico para Portoviejo (Ver ilustración 44), para un sismo ocasional se obtuvo los valores de la aceleración en roca PGA (Ver tabla 40) según los diferentes periodos: T=0.1, T=0.2, T=0.5 y T=1.

Tabla 40 Datos hallados para un sismo ocasional en base a la curva de peligro sísmico para Portoviejo.

SISMO OCASIONAL	
Sa	aceleración (g)
PGA	0,49
1	0,18
0,5	0,37
0,2	0,62
0,1	0,66

Fuente: Andrei Moreno, 2020

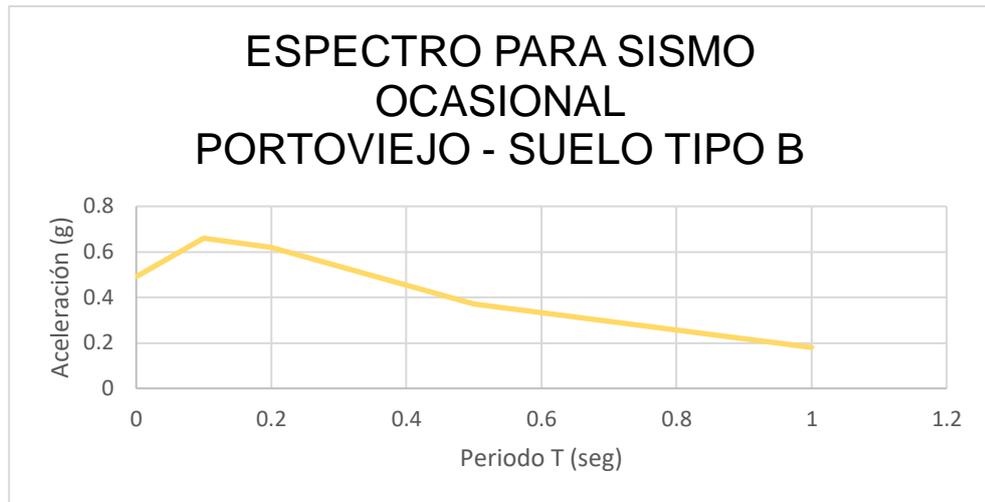


Ilustración 57 Espectro de respuesta para un sismo ocasional, Portoviejo suelo tipo B.

Fuente: Andrei Moreno, 2020

5.2.3. Sismo raro

Mediante las curvas de peligro sísmico para Portoviejo (Ver ilustración 44), para un sismo raro se obtuvo los valores de la aceleración en roca PGA (Ver tabla 41) según los diferentes periodos: $T=0.1$, $T=0.2$, $T=0.5$ y $T=1$.

Tabla 41 Datos hallados para un sismo ocasional en base a la curva de peligro sísmico para Portoviejo.

SISMO RARO	
Sa	aceleración (g)
PGA	0,62
1	0,25
0,5	0,5
0,2	0,8
0,1	0,85

Fuente: Andrei Moreno, 2020

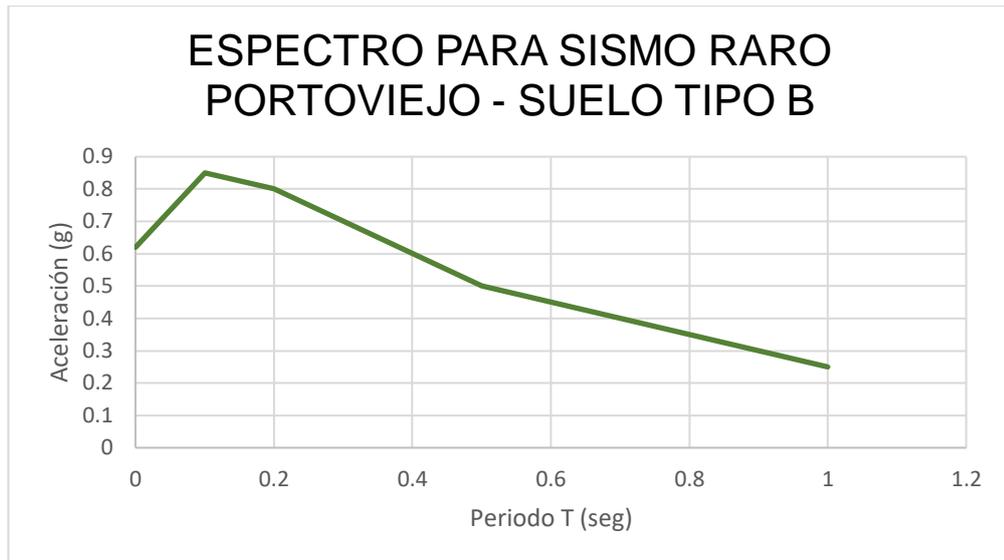


Ilustración 58 Espectro de respuesta para un sismo raro, Portoviejo suelo tipo B.

Fuente: Andrei Moreno, 2020

5.2.4. Sismo muy raro

Mediante las curvas de peligro sísmico para Portoviejo (Ver ilustración 44), para un sismo muy raro se obtuvo los valores de la aceleración en roca PGA (Ver tabla 42) según los diferentes periodos: $T=0.1$, $T=0.2$, $T=0.5$ y $T=1$.

Tabla 42 Datos hallados para un sismo ocasional en base a la curva de peligro sísmico para Portoviejo.

SISMO MUY RARO	
Sa	aceleración (g)
PGA	1
1	0,48
0,5	0,88
0,2	1,44
0,1	1,45

Fuente: Andrei Moreno, 2020

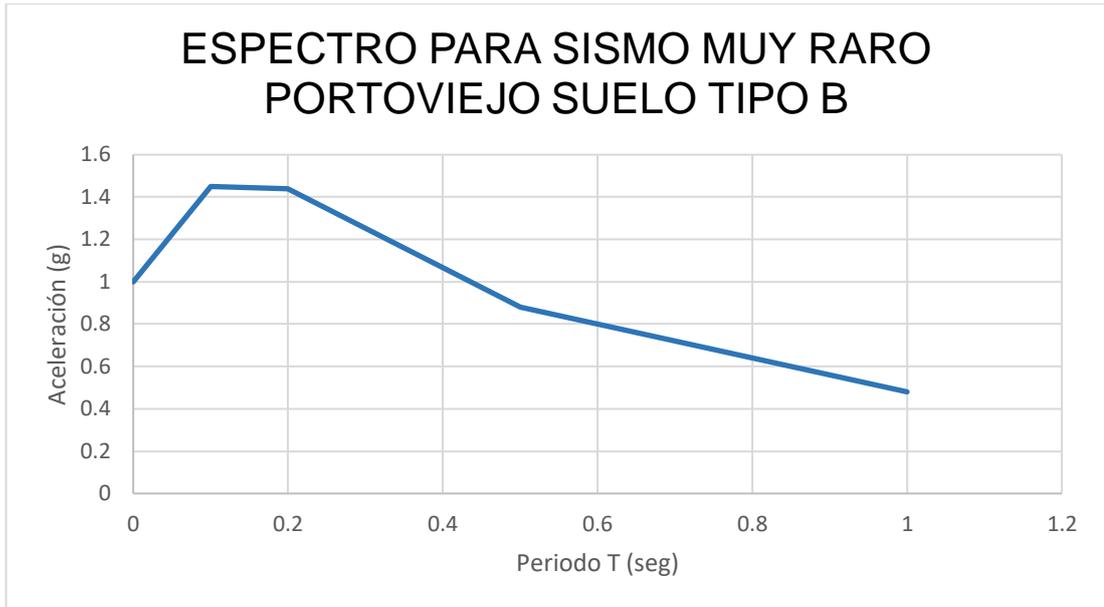


Ilustración 59 Espectro de respuesta para un sismo muy raro, Portoviejo suelo tipo B.

Fuente: Andrei Moreno, 2020

5.2.5. Espectros de respuesta curva de peligro sísmico Portoviejo en suelo tipo B

A continuación se presenta todos los espectros de respuesta obtenidos de las curvas de peligro sísmico de la ciudad de Portoviejo, para sismo: frecuente, ocasional, raro y muy raro.

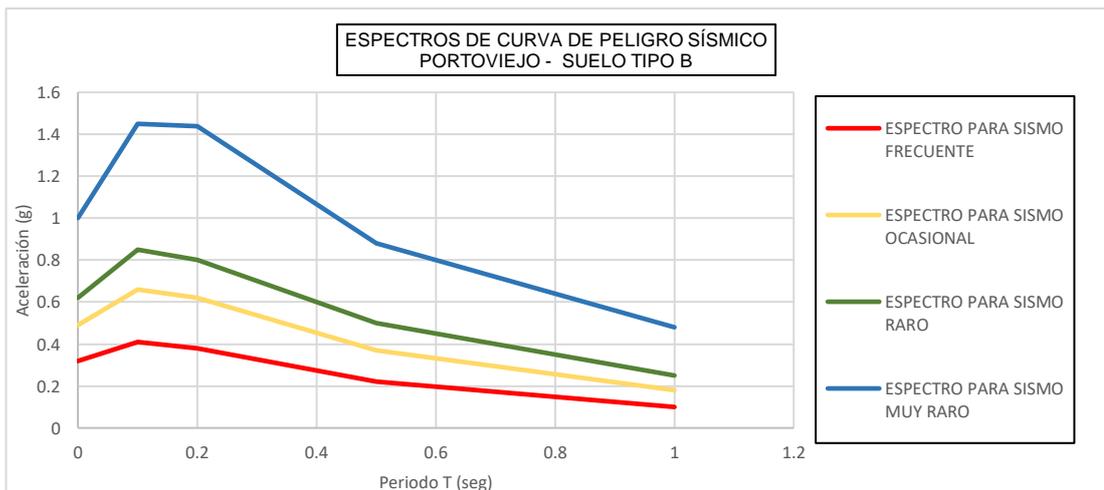


Ilustración 60 Espectros de respuesta curva de peligro sísmico para Portoviejo, suelo tipo B.

Fuente: Andrei Moreno, 2020

5.3. Espectro de respuesta elástica de diseño en aceleraciones, Guayaquil.

Se realizó espectros de respuesta para Guayaquil con suelo tipo E para sismo: frecuente, ocasional, raro y muy raro (Ver ilustración 61,62,63 y 64).

5.3.1. Sismo frecuente

A la izquierda se expone los datos con los que se procedió a graficar según la NEC – 15, el espectro de respuesta elástica para un sismo frecuente en suelo tipo E se presenta a continuación, ver ilustración 61.

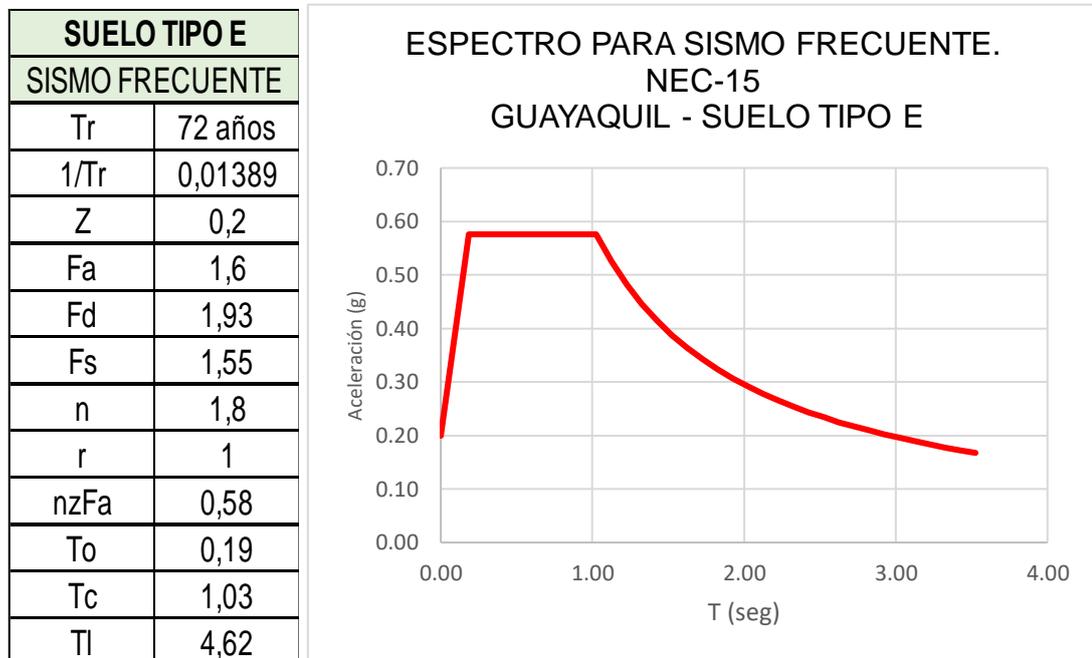


Ilustración 61 Espectro de respuesta elástica para un sismo frecuente, Guayaquil suelo tipo E

Fuente: Andrei Moreno, 2020

5.3.2. Sismo ocasional

A la izquierda se expone los datos con los que se procedió a graficar según la NEC – 15, el espectro de respuesta elástica para un sismo ocasional en suelo tipo E se presenta a continuación, ver ilustración 62.

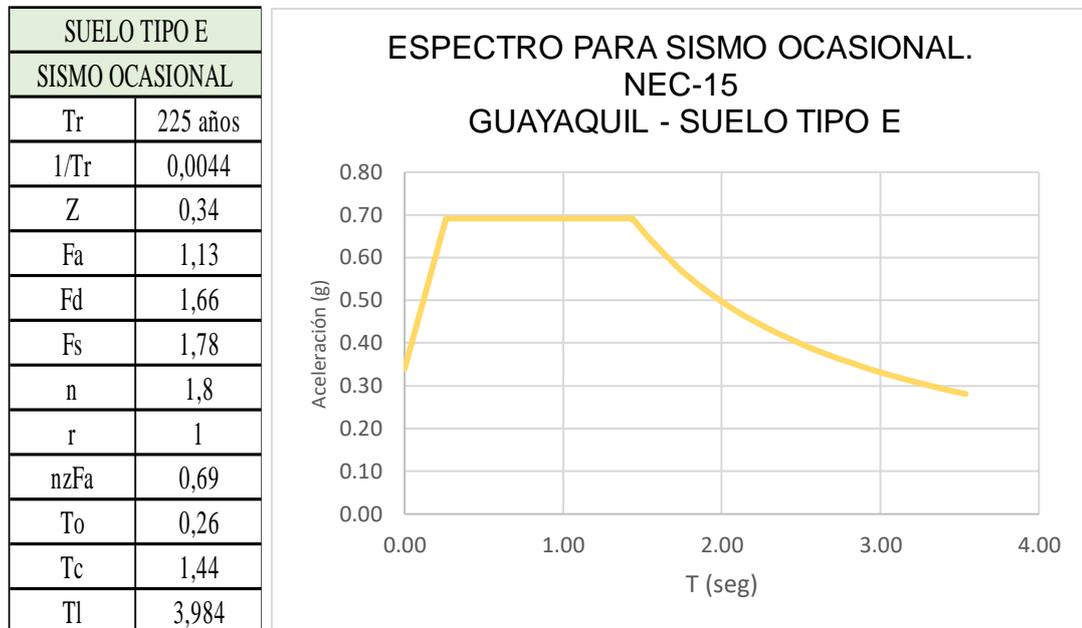


Ilustración 62 Espectro de respuesta elástica para un sismo ocasional, Guayaquil suelo tipo E

Fuente: Andrei Moreno, 2020

5.3.3. Sismo raro

A la izquierda se expone los datos con los que se procedió a graficar según la NEC – 15 el espectro de respuesta elástica para un sismo raro en suelo tipo E se presenta a continuación, ver ilustración 63.

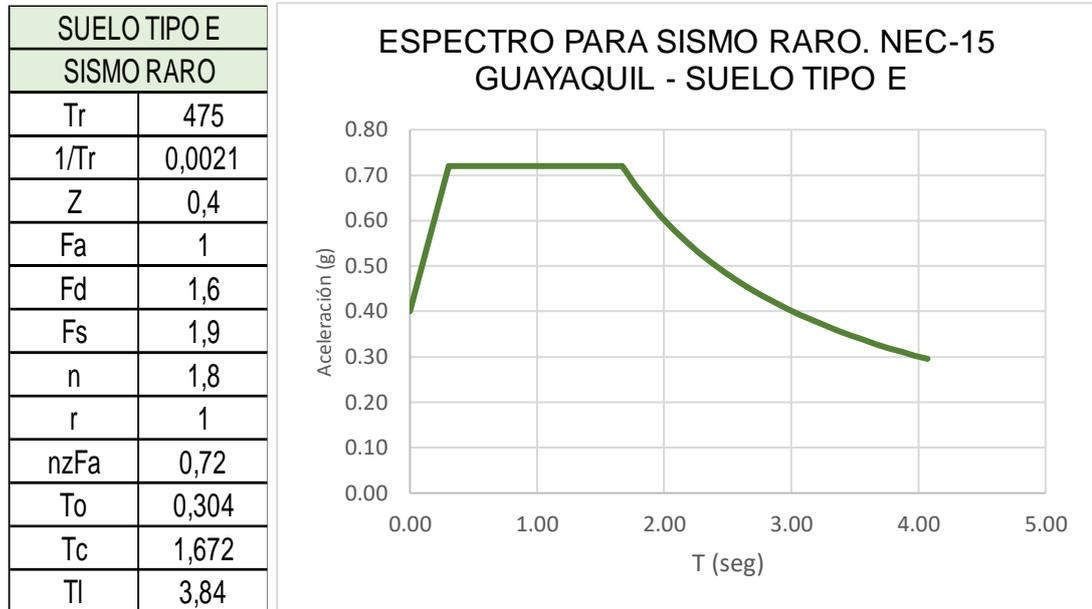


Ilustración 63 Espectro de respuesta elástica para un sismo raro, Guayaquil suelo tipo E

Fuente: Andrei Moreno, 2020

5.3.4. Sismo muy raro

A la izquierda se expone los datos con los que se procedió a graficar según la NEC – 15 el espectro de respuesta elástica para un sismo muy raro en suelo tipo E se presenta a continuación, ver ilustración 64.



Ilustración 64 Espectro de respuesta elástica para un sismo muy raro, Guayaquil suelo tipo E.

Fuente: Andrei Moreno, 2020

5.3.5. Espectros de respuesta elástica de diseño en aceleraciones, Guayaquil suelo tipo E.

A continuación se presenta todos los espectros de respuesta elástica de diseño de la ciudad de Guayaquil, para sismo: frecuente, ocasional, raro y muy raro.

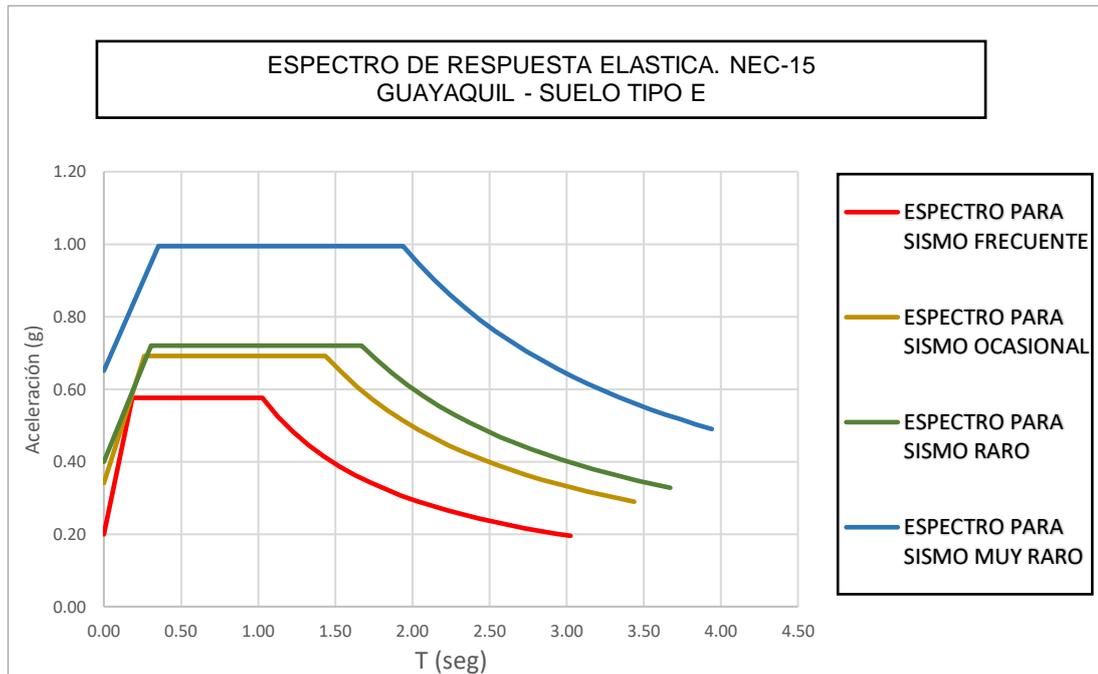


Ilustración 65 Espectros de respuesta elástica de diseño en aceleraciones, Guayaquil suelo tipo E

Fuente: Andrei Moreno, 2020

5.4. Espectro de respuesta elástica de diseño en aceleraciones, Portoviejo.

Se realizó espectros de respuesta para Portoviejo con suelo tipo D para sismo: frecuente, ocasional, raro y muy raro (Ver ilustración 66, 67, 68 y 69).

5.4.1. Sismo frecuente

A la izquierda se expone los datos con los que se procedió a graficar según la NEC – 15, el espectro de respuesta elástica para un sismo frecuente en suelo tipo D se presenta a continuación, ver ilustración 66.

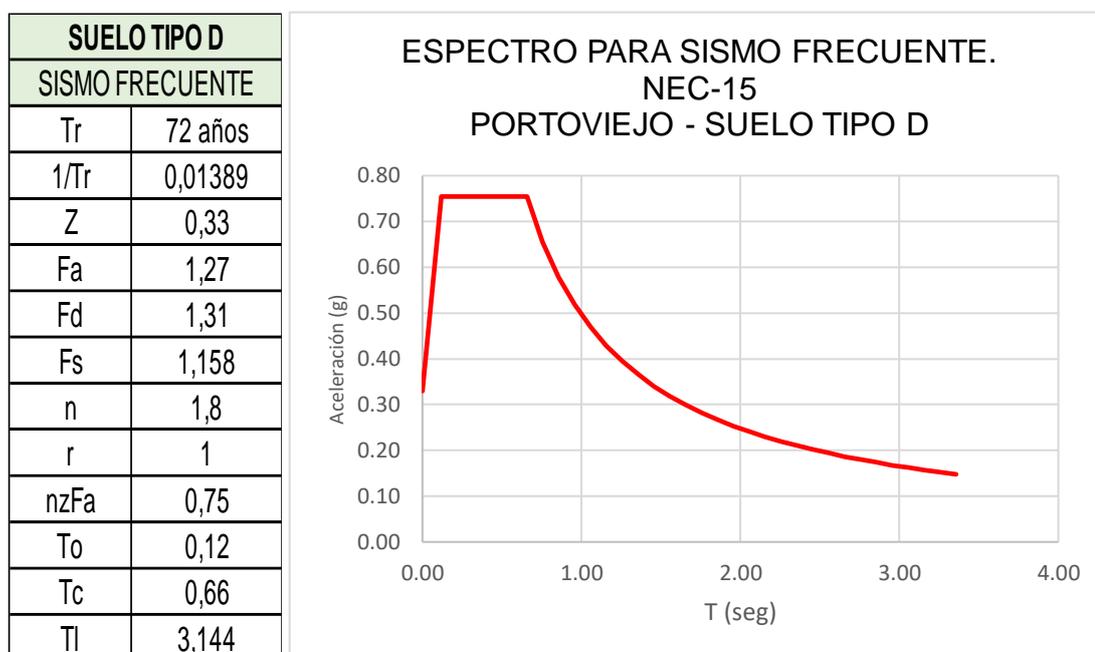


Ilustración 66 Espectro de respuesta elástica para un sismo frecuente, Portoviejo suelo tipo D.

Fuente: Andrei Moreno, 2020

5.4.2. Sismo ocasional

A la izquierda se expone los datos con los que se procedió a graficar según la NEC – 15 el espectro de respuesta elástica para un sismo ocasional en suelo tipo D se presenta a continuación, ver ilustración 67.

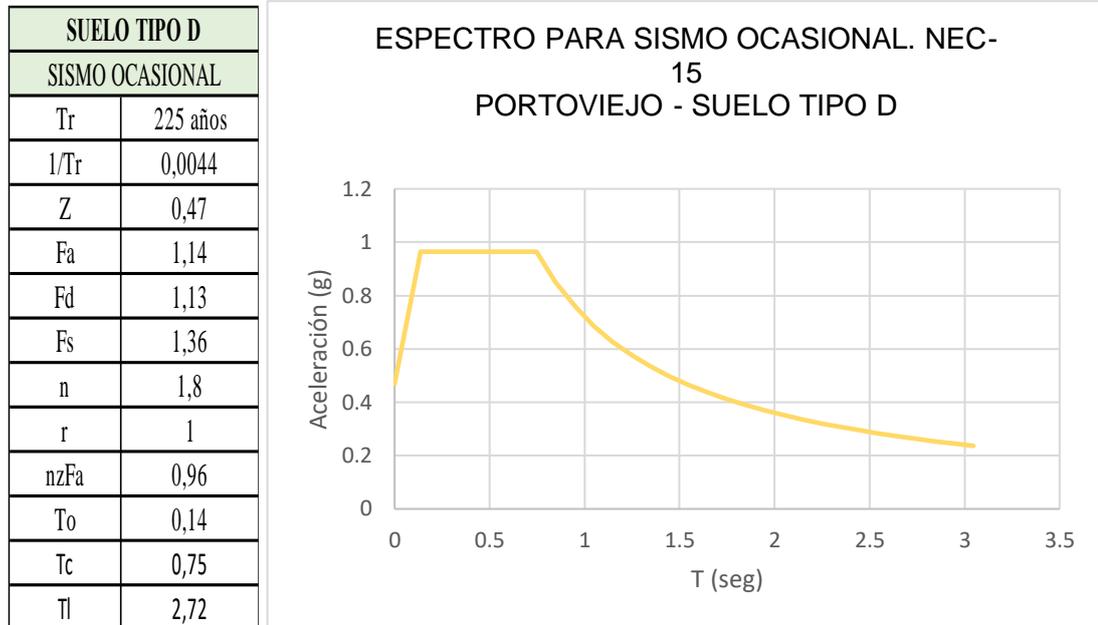


Ilustración 67 Espectro de respuesta elástica para un sismo ocasional, Portoviejo suelo tipo D.

Fuente: Andrei Moreno, 2020

5.4.3. Sismo raro

A la izquierda se expone los datos con los que se procedió a graficar según la NEC – 15 el espectro de respuesta elástica para un sismo raro en suelo tipo D se presenta a continuación, ver ilustración 68.

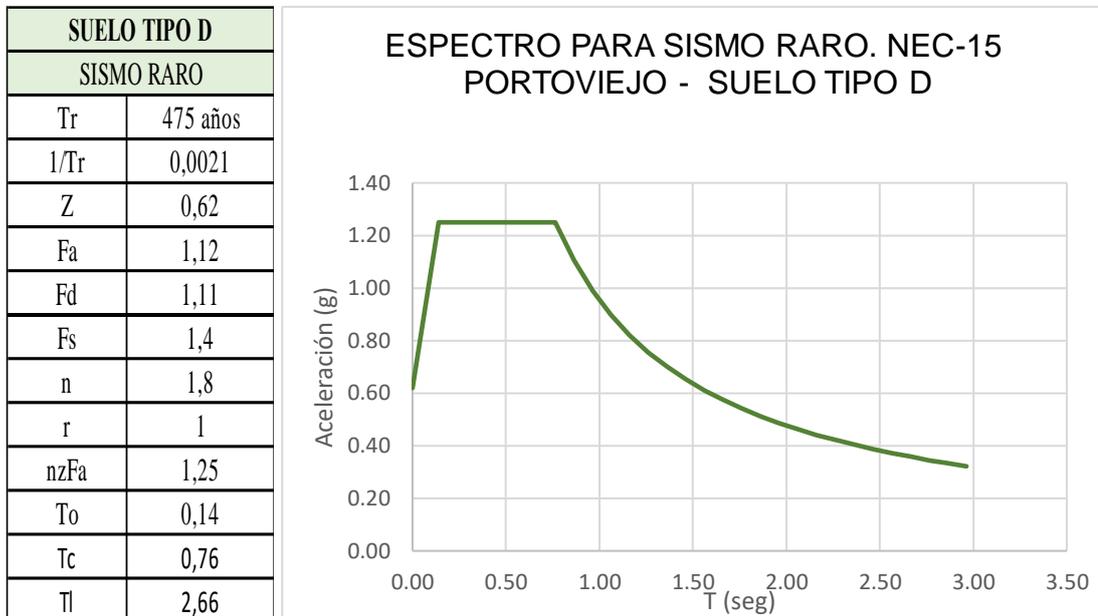


Ilustración 68 Espectro de respuesta elástica para un sismo raro, Portoviejo suelo tipo D.

Fuente: Andrei Moreno, 2020

5.4.4. Sismo muy raro

A la izquierda se expone los datos con los que se procedió a graficar según la NEC – 15 el espectro de respuesta elástica para un sismo muy raro en suelo tipo D se presenta a continuación, ver ilustración 69.

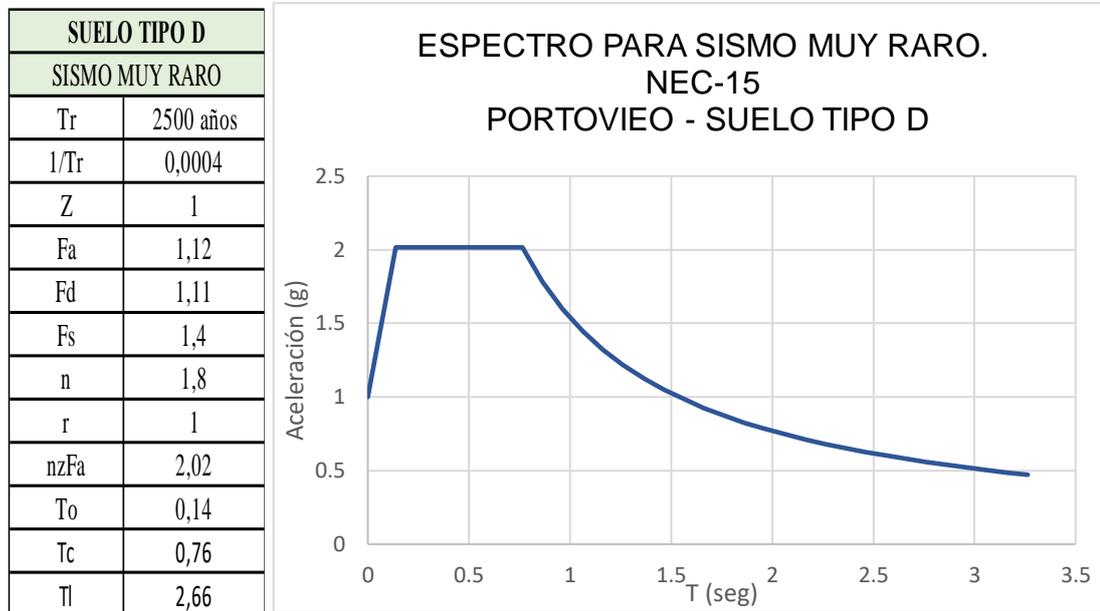


Ilustración 69 Espectro de respuesta elástica para un sismo muy raro, Portoviejo suelo tipo D.

Fuente: Andrei Moreno, 2020

5.4.5. Espectros de respuesta elástica de diseño en aceleraciones, Portoviejo suelo tipo D.

A continuación se presenta todos los espectros de respuesta elástica de diseño de la ciudad de Portoviejo, para sismo: frecuente, ocasional, raro y muy raro.

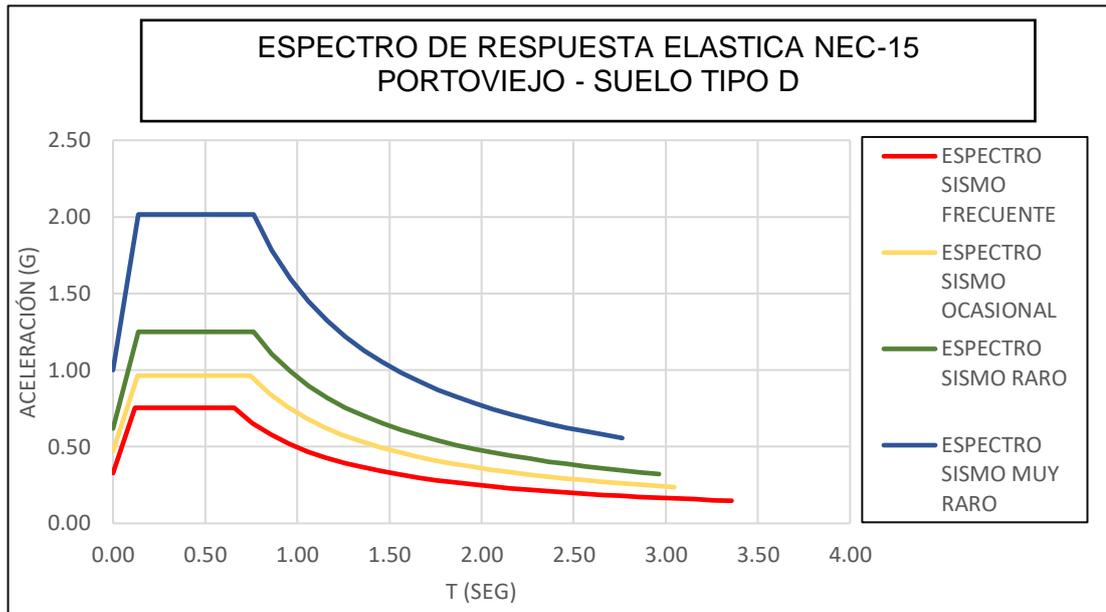


Ilustración 70 Espectros de respuesta elástica de diseño en aceleraciones, Portoviejo suelo tipo D.

5.5. Periodo de vibración para casos de estudio, Guayas y Manabí

A continuación se presenta los periodos de vibración de cada estructura, estos valores se los calcula mediante las formulas expresadas en el capitulo 4.8, los coeficientes se los tomo según lo indica la NEC – 15.

Tabla 43 Periodo de vibración de las estructuras en Guayas y Manabí.

Nombre	Provincia	Ciudad	hn (m)	Ct	α	T de la estructura (seg)
La Catedral	Guayas	Guayaquil	70	0,055	0,9	2,52
Templo La Victoria	Guayas	Guayaquil	25	0,055	0,9	1,00
Templo San Francisco	Guayas	Guayaquil	24	0,055	0,9	0,96
Iglesia San Alejo	Guayas	Guayaquil	16,7	0,055	0,9	0,69
Iglesia San José	Guayas	Guayaquil	20,7	0,055	0,9	0,84
Iglesia de La Merced	Guayas	Guayaquil	9,5	0,055	0,9	0,42
Nuestra Señora del Rosario	Manabí	Manta	18,5	0,055	0,9	0,76
Catedral La Dolorosa	Manabí	Manta	21	0,055	0,9	0,85
Iglesia de La Merced	Manabí	Portoviejo	20	0,055	0,9	0,82
Catedral Metropolitana	Manabí	Portoviejo	26,4	0,055	0,9	1,05
Iglesia de La Merced	Manabí	Bahía de Caráquez	20	0,055	0,9	0,82

Capilla de la Medalla Milagrosa	Manabí	Bahía de Caráquez	15	0,055	0,9	0,63
---------------------------------------	--------	----------------------	----	-------	-----	------

Fuente: Andrei Moreno

5.6. Espectros de respuesta de sitio de aceleración y desplazamiento para las provincias de Guayas y Manabí

Para analizar el comportamiento de los casos de estudio afectadas en la provincia de Guayas y Manabí se necesita comparar los espectros de las estructuras con el de las estaciones acelerográficas colocadas en diferentes ciudades de estas provincias; existen edificaciones que fueron afectadas por los mismos de 1980, 1998 y 2016, como ambos sismos tuvieron características similares se puede trabajar con los datos del 2016, además se usa esta metodología porque la red de acelerógrafos nacional (RENAC) comenzó sus operaciones a partir del año 2008.

5.6.1. Espectros de respuesta de estación - Guayaquil

En Guayaquil están ubicadas tres estaciones acelerográficas de las cuales dos están sobre suelo tipo E: GYE1 y GYE2. Como en nuestro caso de estudio las edificaciones están agrupadas en una zona pequeña comparten el mismo tipo de suelo, según esto se puede usar cualquiera de las dos estaciones.

Estación GYE1

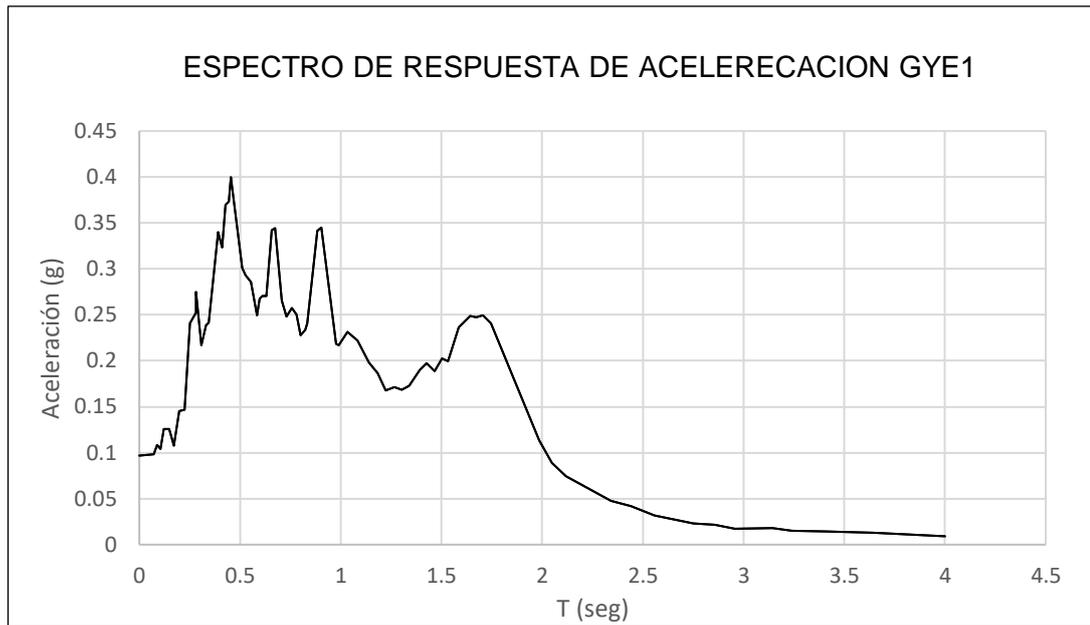


Ilustración 71 Espectro de respuesta de aceleración de sitio, estación GYE1 – suelo tipo E

Fuente: Andrei Moreno



Ilustración 72 Espectro de respuesta de aceleración de sitio, estación GYE1 – suelo tipo E

Fuente: Andrei Moreno

5.6.2. Espectros de respuesta de estación – Portoviejo

En Portoviejo está ubicada estación acelerográfica APO1. Como en nuestro caso de estudio las edificaciones y la estación comparten el mismo tipo de suelo, se puede usar los datos originales de la estación.

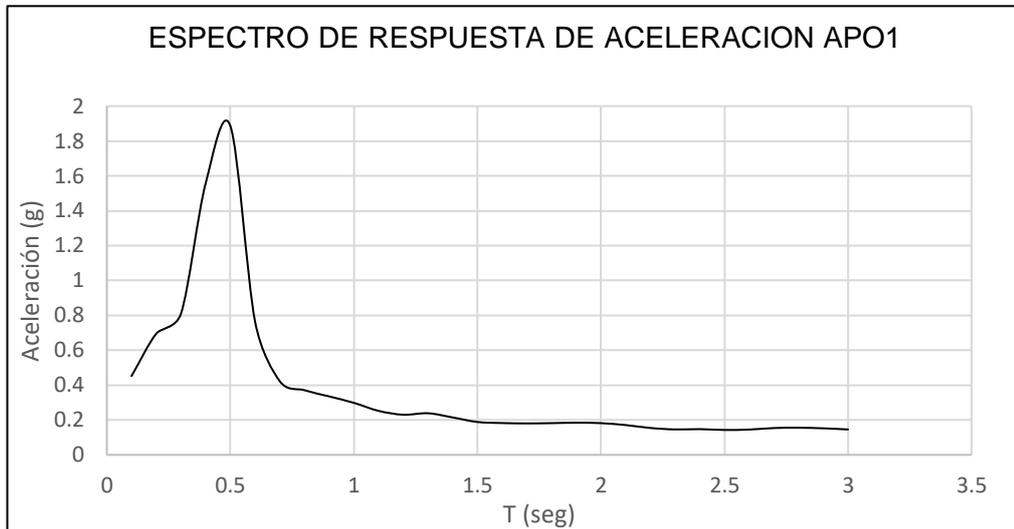


Ilustración 73 Espectro de respuesta de aceleración de sitio, estación APO1 – suelo tipo D

Fuente: Andrei Moreno



Ilustración 74 Espectro de respuesta de aceleración de sitio, estación APO1 – suelo tipo D.

Fuente: Andrei Moreno

5.6.3. Espectros de respuesta de estación – Manta

En Manta está ubicada estación acelerográfica AMNT. Como en nuestro caso de estudio las edificaciones y la estación no comparten el mismo tipo de suelo y al ser la única estación en Manta se modifico los datos de la estación para que concuerden, el suelo bajo la estación es tipo C y se lo llevo a suelo tipo D. El procedimiento para las modificaciones se los presenta a continuación:

Cambio de ordenadas:

Tabla 44 Modificación de las ordenadas del acelerograma AMNT - suelo tipo D

$0 < T < T_o$
$T_c < T < T_c$
$T_o < T < T_l$

Cambio de abscisas:

Tabla 45 Modificación de las abscisas del acelerograma AMNT - suelo tipo D

$0 < T < T_o$	$f_2 = (F_{a1}/F_{a2}) * f_1$
$T_o < T < T_c$	$f_2 = (F_{a1}/F_{a2}) * f_1$
$T_c < T < T_l$	$f_2 = (F_{a2}/F_{a1}) * (F_{a1} * F_{d2} * F_{s2} / F_{a2} * F_{d1} * F_{s1})$

Espectro de respuesta modificado suelo tipo D



Ilustración 75 Espectro de respuesta de aceleración de sitio, estación AMNT – suelo tipo D (modificado).

Fuente: Andrei Moreno



Ilustración 76 Espectro de respuesta de desplazamiento de sitio, estación AMNT – suelo tipo D (modificado).

Fuente: Andrei Moreno

5.6.4. Espectros de respuesta de estación – Chone

En Chone está ubicada estación acelerográfica ACHN. Como en nuestro caso de estudio las edificaciones y la estación comparten el mismo tipo de suelo, se puede usar los datos originales de la estación.

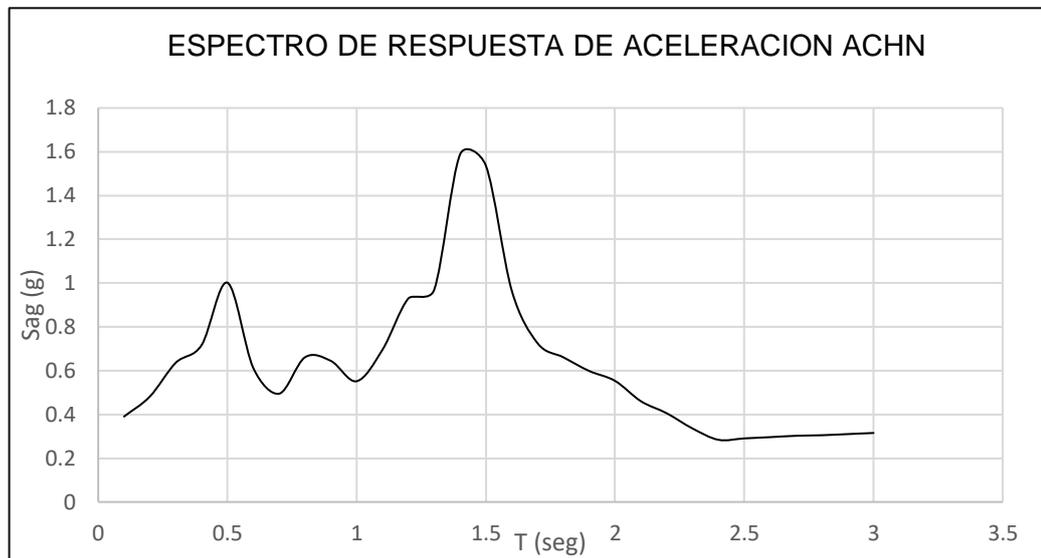


Ilustración 77 Espectro de respuesta de aceleración de sitio, estación ACHN – suelo tipo D.

Fuente: Andrei Moreno



Ilustración 78 Espectro de respuesta de desplazamiento de sitio, estación ACHN – suelo tipo D.

Fuente: Andrei Moreno

5.7. Desempeño sísmico

Para evaluar el grado de desempeño sísmico de las estructuras especiales se tomo en cuenta algunos factores: vulnerabilidad, irregularidad, materiales de construcción y el tipo de suelo sobre el cual están ubicadas.

En el proceso de recopilación de información se llego a tres sismos que fueron los que tuvieron mayor impacto a partir de 1977 en los casos de estudio: 18 de agosto de 1980, 4 de agosto de 1998 y 16 de abril del 2016; dicho esto se va a presentar el listado de las edificaciones para el estudio, ver tabla 46:

Tabla 46 Listado de las edificaciones de ocupación especial a evaluar, provincias de Guayas y Manabí.

Nombre	Provincia	Ciudad	Sismo
Iglesia de La Merced	Guayas	Guayaquil	18 de agosto de 1980
Capilla de la Medalla Milagrosa	Manabí	Bahía de Caráquez	4 de agosto de 1998
Iglesia de La Merced	Manabí	Bahía de Caráquez	4 de agosto de 1998
La Catedral de Guayaquil	Guayas	Guayaquil	16 de abril del 2016
Templo La Victoria	Guayas	Guayaquil	16 de abril del 2016
Iglesia San Francisco	Guayas	Guayaquil	16 de abril del 2016
Iglesia San Alejo	Guayas	Guayaquil	16 de abril del 2016

Iglesia San José	Guayas	Guayaquil	16 de abril del 2016
Iglesia de La merced	Guayas	Guayaquil	16 de abril del 2016
Nuestra Señora del Rosario	Manabí	Manta	16 de abril del 2016
Catedral La Dolorosa	Manabí	Manta	16 de abril del 2016
Iglesia de La Merced	Manabí	Portoviejo	16 de abril del 2016
Catedra Metropolitana	Manabí	Portoviejo	16 de abril del 2016
Iglesia de La Merced	Manabí	Bahía de Caráquez	16 de abril del 2016
Capilla de la Medalla Milagrosa	Manabí	Bahía de Caráquez	16 de abril del 2016

Fuente: Andrei Moreno

5.8. Iglesia de la Merced

Datos

Provincia: Guayas

Ciudad: Guayaquil

Suelo: Tipo E

Fecha de sismo: 18 de agosto de 1980

5.8.1. Tipo de sismo

Para clasificar el tipo de sismo que afecto a la Iglesia de la Merced en el año 1980 se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta de sitio de la estación acelerográfica correspondiente para después comparar donde se encuentra con respecto a los espectros de respuesta de diseño. En base a eso se clasifico al sismo como frecuente.

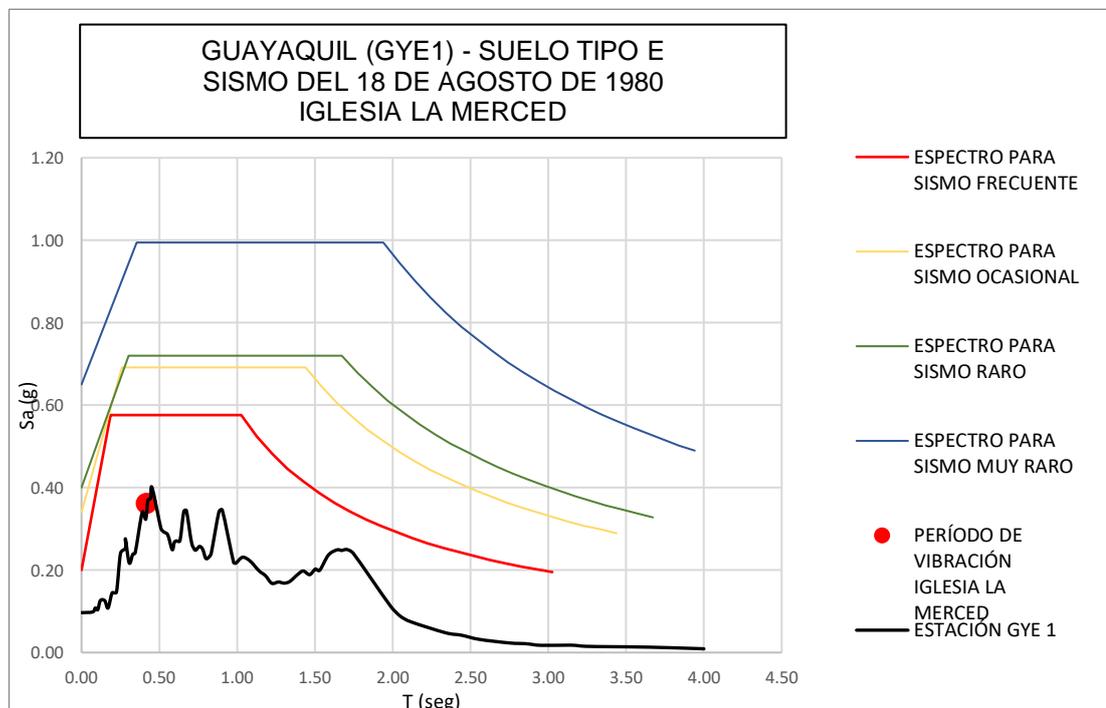


Ilustración 79 Desempeño sísmico de Iglesia de la Merced, Guayaquil.

Fuente: Andrei Moreno, 2020

5.8.2. Desplazamiento elástico y derivas inelástica

Se ubicó el periodo de vibración la estructura en el espectro de desplazamiento de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento Sd del caso de estudio como se indica en la tabla 47.

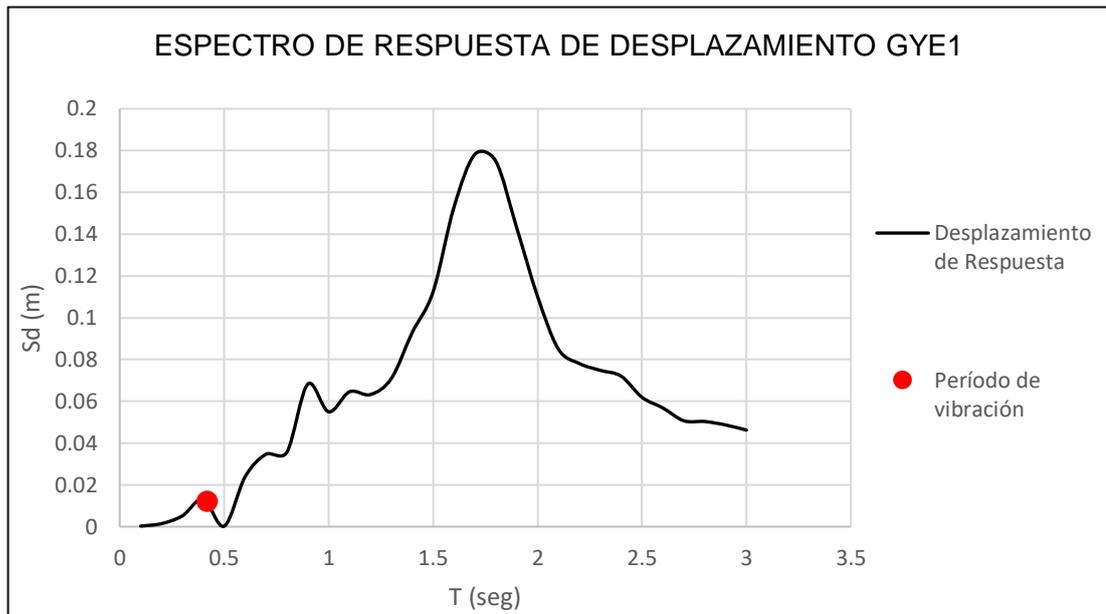


Ilustración 80 Desplazamiento de respuesta Iglesia de la Merced (1998), Guayaquil - Estación GYE1(suelo tipo E)

Fuente: Andrei Moreno

Tabla 47 Deriva de la Iglesia de la Merced

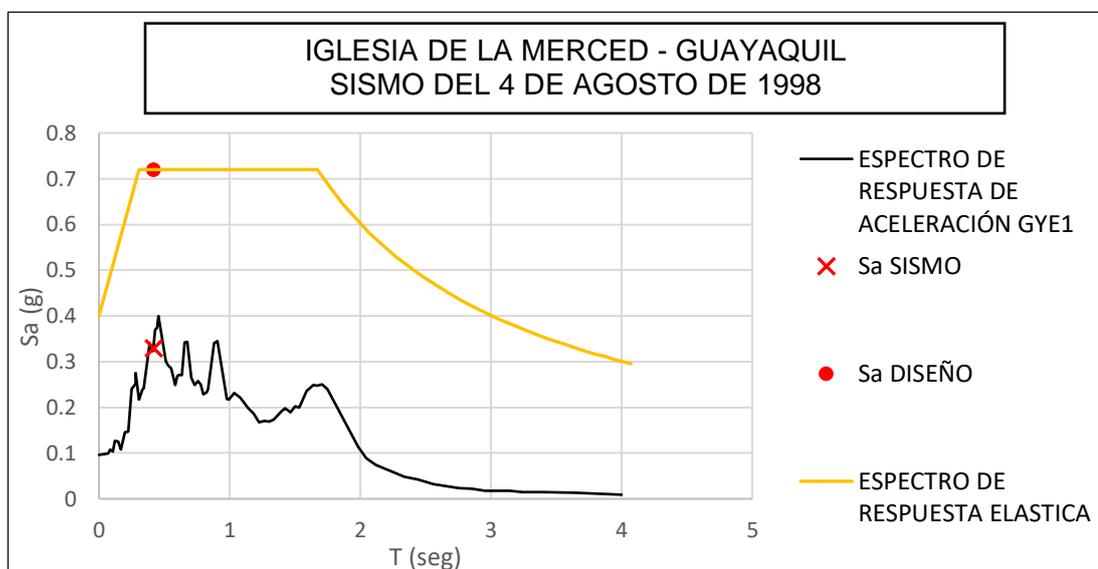
T	0,42
Sd	0,012
H	9,5
DERIVAS	
$\Delta e = Sd / H$	
Δe	0,0013
$\Delta m = 0,75 \times \Delta e$	
Δm	0,0009
$\Delta m < 0,02$	

Fuente: Andrei Moreno

Los valores máximos permitidos están establecidos en la NEC-15 y se presentan en la tabla 29, donde se expresa la deriva máxima como un porcentaje de la altura de piso. La Iglesia de la Merced no sobrepasa los límites por lo que se puede decir que si cumple con lo establecido.

5.8.3. Factor de reducción efectivo

Se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta elástica de diseño para un sismo raro, también se lo ubico en el espectro de respuesta aceleraciones de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_a de sismo y S_a de diseño, a continuación se indica en la ilustración 81.



Periodo	0,42	Tipo de suelo	E
Sa (sismo)	0,33	R efectivo	2,18
Sa (diseño)	0,72	R norma	8

Ilustración 81 Factor de reducción efectiva de la Iglesia de la Merced (1998), Guayaquil.

Fuente: Andrei Moreno

5.8.4. Ficha de desempeño sísmico

Sismo:

- Se clasifico el sismo como frecuente

Daños observados:

- Agrietamiento en las cúpulas
- Agrandamiento de fisuras ya existentes en paredes y tumbados
- Caída de elementos arquitectónicos

Causas de daños:

- Adosamiento a edificio contiguo
- Irregularidad en planta
- Choque con otro edificio durante los movimientos sísmicos.
- El periodo de la estructura esta dentro de la zona de amplificación sísmica, esto provoca que las estructura este sometida a fuerzas elevadas.

Desempeño:

- Siguió operando.
- La Norma Ecuatoriana de la Construcción no especifica el comportamiento de una estructura especial en el caso de un sismo frecuente u ocasional, sin embargo si especifica dicho comportamiento para el caso de un sismo raro y muy raro (tabla 30). También se especifica el comportamiento de una estructura normal en la tabla 31. Mediante esas referencias, se puede inferir que no se esperan daños en estructuras especiales durante sismos frecuentes y que por lo tanto el templo de La Merced de Guayaquil no cumplió con el desempeño esperando por la NEC – 15 durante el sismo de 1980.

5.9. Iglesia de la Merced

Datos

Provincia: Manabí

Ciudad: Bahía de Caráquez

Suelo: Tipo D

Fecha de sismo: 4 de agosto de 1998

5.9.1. Tipo de sismo

Para clasificar el tipo de sismo que afecto a la Iglesia de la Merced en el año 1998 se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta de sitio de la estación acelerográfica correspondiente para después comparar donde se encuentra con respecto a los espectros de respuesta de diseño. En base a eso se clasifico al sismo como frecuente.

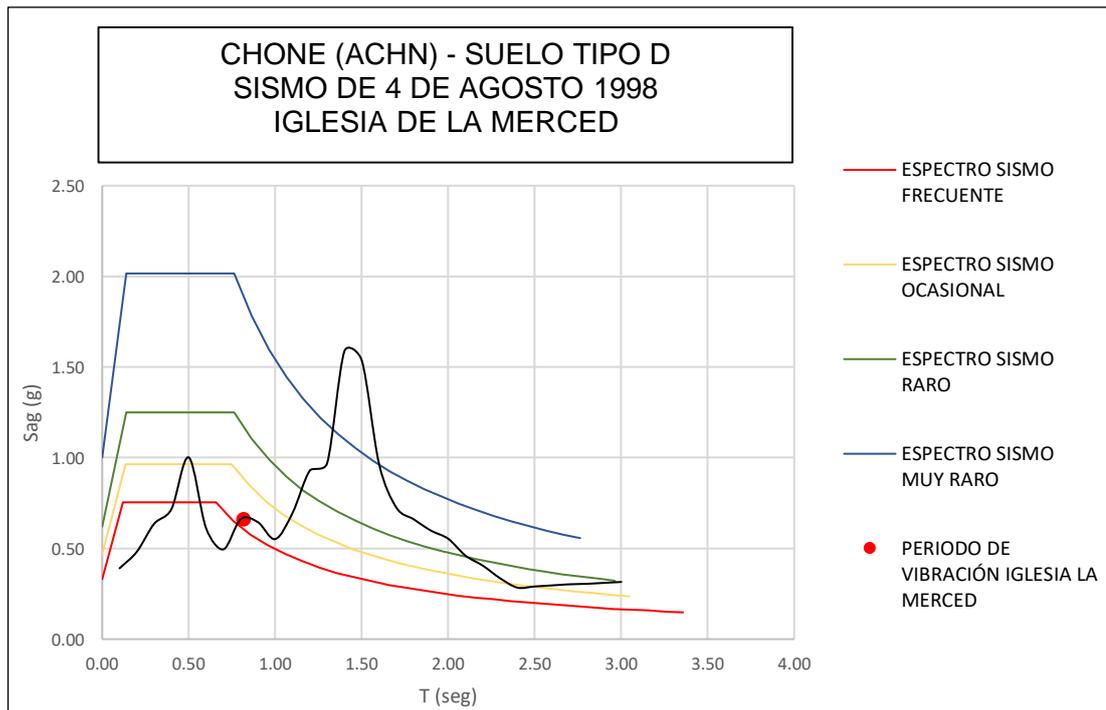


Ilustración 82 Desempeño sísmico Iglesia de la Merced (1998), Bahía de Caráquez

Fuente: Andrei Moreno

5.9.2. Desplazamiento elástico y derivas inelástica

Se ubicó el periodo de vibración la estructura en el espectro de desplazamiento de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento Sd del caso de estudio como se indica en la tabla 48.



Ilustración 83 Desplazamiento de respuesta Iglesia de la Merced (1998), Bahía de Caráquez - Estación ACHN(suelo tipo D).

Fuente: Andrei Moreno

Tabla 48 Derivas de la Iglesia de la Merced

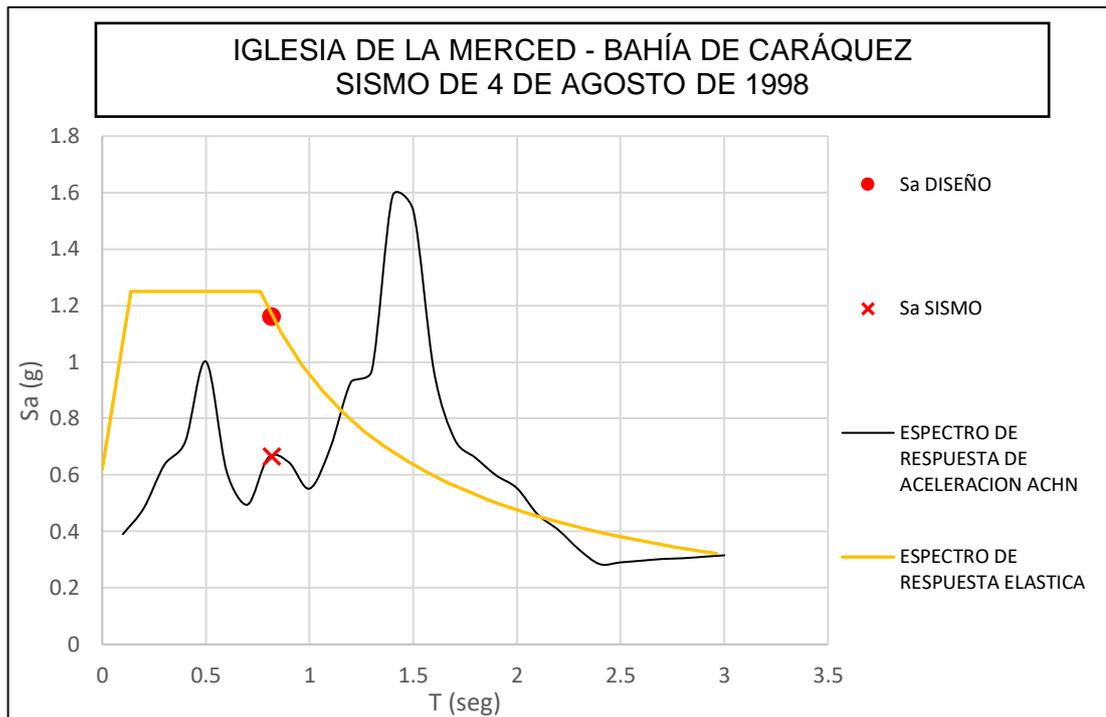
T	0,82
Sd	0,1
H	20
DERIVAS	
$\Delta e = Sd / H$	
Δe	0,00500
$\Delta m = 0,75 \times \Delta e$	
Δm	0,0038
$\Delta m < 0,02$	

Fuente: Andrei Moreno

Los valores máximos permitidos están establecidos en la NEC-15 y se presentan en la tabla 29, donde se expresa la deriva máxima como un porcentaje de la altura de piso. La Iglesia de la Merced no sobrepasa los límites por lo que se puede decir que si cumple con lo establecido.

5.9.3. Factor de reducción efectivo

Se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta elástica de diseño para un sismo frecuente, también se lo ubico en el espectro de respuesta aceleraciones de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_a de sismo y S_a de diseño, a continuación se indica en la ilustración 84.



Periodo	0,82	Tipo de suelo	D
Sa sismo	0,665	R efectivo	1,74
Sa diseño	1,16	R norma	8

Ilustración 84 Factor de reducción efectiva de la Iglesia de la Merced (1998), Bahía de Caráquez.

Fuente: Andrei Moreno

5.9.4. Ficha de desempeño sísmico

Sismo:

- Se clasificó el sismo como frecuente

Daños observados:

- Fisuras en las paredes
- Fallas estructurales en las vigas de arrojamiento en la base de la iglesia
- Caída de elementos arquitectónicos
- Desplome de la casa parroquial contigua a la iglesia.

Causas de daños:

- Deterioro de elementos usados en la iglesia.

Desempeño:

- La Norma Ecuatoriana de la Construcción no especifica el comportamiento de una estructura especial en el caso de un sismo frecuente u ocasional, sin embargo si especifica dicho comportamiento para el caso de un sismo raro y muy raro (tabla 30). También se especifica el comportamiento de una estructura normal en la tabla 31. Mediante esas referencias, se puede inferir que no se esperan daños en estructuras especiales durante sismos frecuentes y que por lo tanto el templo de La Merced de Bahía de Caráquez no cumplió con el desempeño esperando por la NEC – 15 durante el sismo de 1998.
- Se renovó vigas y algunas columnas de las estructuras usando el mismo material que en la iglesia original.
- Se reemplazó elementos exteriores como prevención ante la llegada de una catástrofe natural.
- Cerro durante el periodo de reconstrucción.

5.10. Capilla de la Medalla Milagrosa

Datos

Provincia: Manabí

Ciudad: Bahía de Caráquez

Suelo: Tipo D

Fecha de sismo: 4 de agosto de 1998

5.10.1. Tipo de sismo

Para clasificar el tipo de sismo que afecto a la Capilla de la Medalla Milagrosa en el año 1998 se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta de sitio de la estación acelerográfica correspondiente para después comparar donde se encuentra con respecto a los espectros de respuesta de diseño. En base a eso se clasifico al sismo como frecuente.

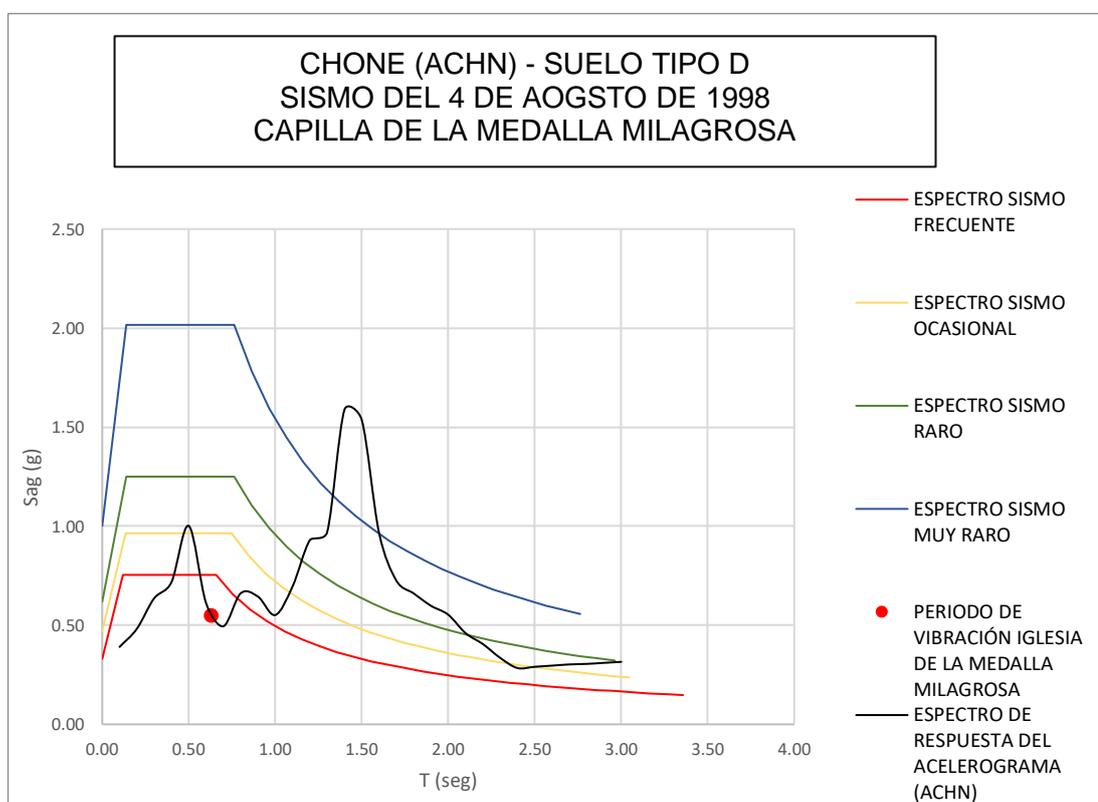


Ilustración 85 Desempeño del templo de la Medalla Milagrosa(1998), Bahía de Caráquez

Fuente: Andrei Moreno

5.10.2. Desplazamiento elástico y derivas inelástica

Se ubicó el periodo de vibración la estructura en el espectro de desplazamiento de la estación correspondiente según el tipo de suelo,

mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento Sd del caso de estudio como se indica en la tabla 49.

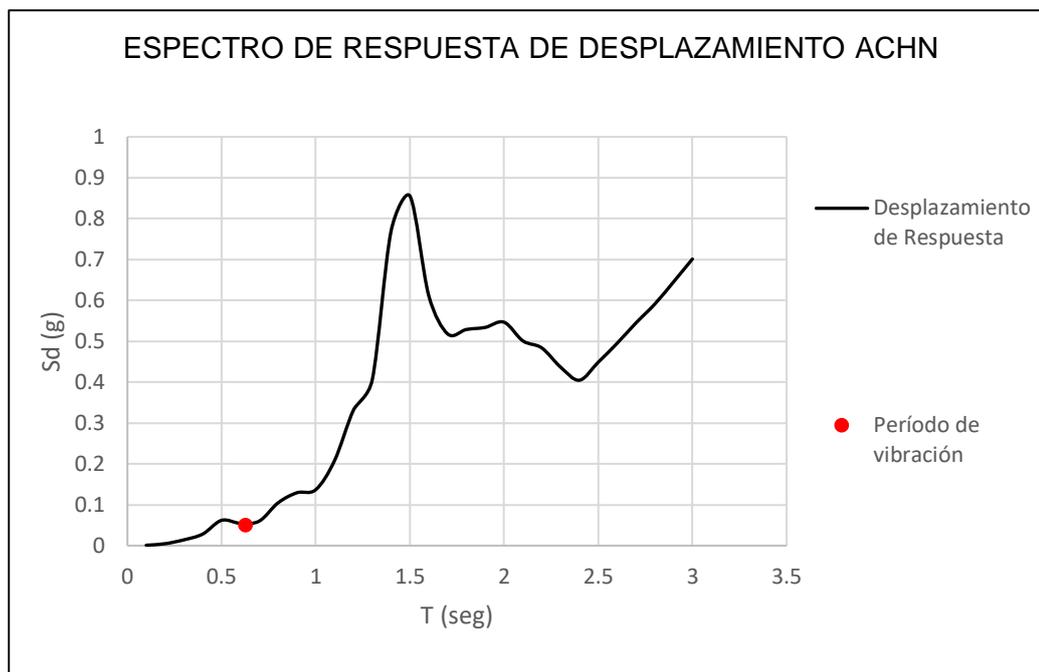


Ilustración 86 Desplazamiento de respuesta de la Capilla de la Medalla Milagrosa(1998), Bahía de Caráquez - Estación ACHN(suelo tipo D).

Fuente: Andrei Moreno

Tabla 49 Derivas de la Capilla de la medalla Milagrosa

T	0,63
Sd	0,05
H	20
DERIVAS	
$\Delta e = Sd / H$	
Δe	0,00250
$\Delta m = 0,75 \times \Delta e$	
Δm	0,0019
$\Delta m < 0,02$	

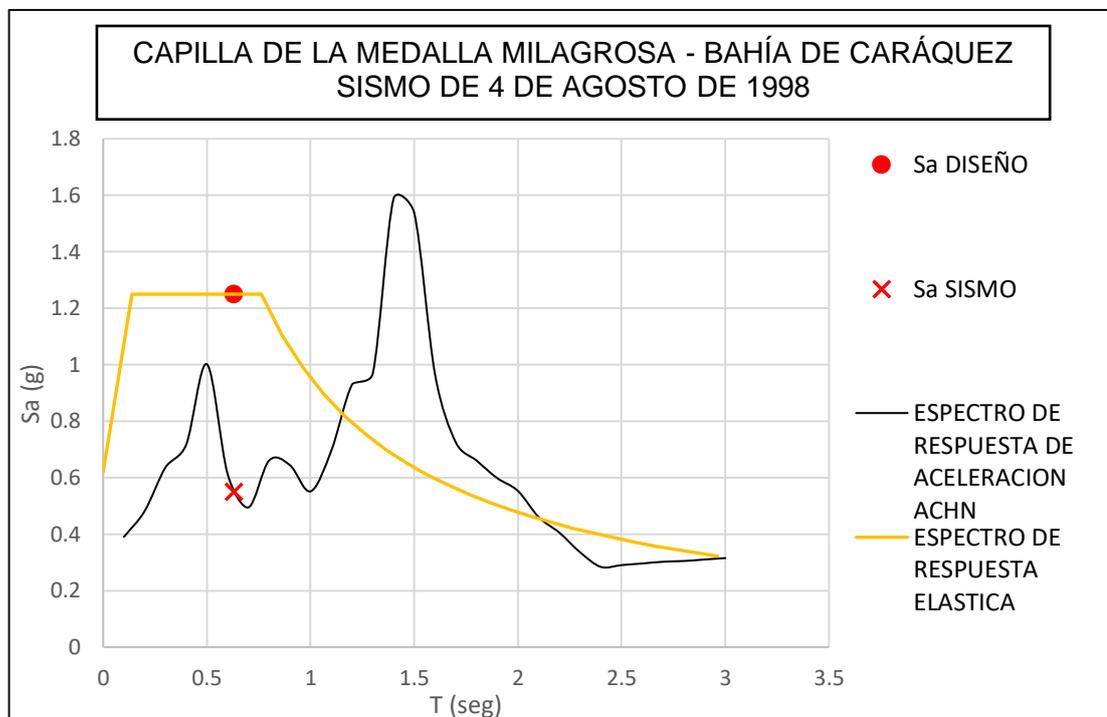
Fuente: Andrei Moreno

Los valores máximos permitidos están establecidos en la NEC-15 y se presentan en la tabla 29, donde se expresa la deriva máxima como un porcentaje de la altura de piso. La Capilla de la Medalla Milagrosa no

sobrepasa los límites por lo que se puede decir que si cumple con lo establecido.

5.10.3. Factor de reducción efectivo

Se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta elástica de diseño para un sismo frecuente, también se lo ubico en el espectro de respuesta aceleraciones de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_a de sismo y S_a de diseño, a continuación se indica en la ilustración 87.



Periodo	0,63	Tipo de suelo	D
Sa sismo	0,55	R efectivo	2,27
Sa diseño	1,25	R norma	8

Ilustración 87 Factor de reducción efectiva de la Iglesia de la Merced (1998), Bahía de Caráquez.

Fuente: Andrei Moreno

5.10.4. Ficha de desempeño sísmico

Sismo:

- Se clasifico el sismo como frecuente

Daños observados:

- Fallas estructurales
- Destrucción del 80% de la capilla
- Desplome de la cubierta

Causas de daños:

- Construcción mixta, paredes no estaban ancladas a los pilares de madera.
- Deterioro de elementos usados en la iglesia.
- Mala calidad de construcción
- El periodo de la estructura esta dentro de la zona de amplificación sísmica, esto provoca que las estructura este sometida a fuerzas elevadas.
- Adosamiento con edificio vecino

Desempeño:

- La Norma Ecuatoriana de la Construcción no especifica el comportamiento de una estructura especial en el caso de un sismo frecuente u ocasional, sin embargo si especifica dicho comportamiento para el caso de un sismo raro y muy raro (tabla 30). También se especifica el comportamiento de una estructura normal en la tabla 31. Mediante esas referencias, se puede inferir que no se esperan daños en estructuras especiales durante sismos frecuentes y que por lo tanto el templo de La Merced de Bahía de Caráquez no cumplió con el desempeño esperando por la NEC – 15 durante el sismo de 1998.
- La edificación fue demolida, tardo aproximadamente 10 en ser reconstruida

5.11. Catedral de Guayaquil

Datos

Provincia: Guayas

Ciudad: Guayaquil

Suelo: Tipo E

Fecha de sismo: 16 de abril del 2016

5.11.1. Tipo de sismo

Para clasificar el tipo de sismo que afecto a la Catedral de Guayaquil en el año 2016 se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta de sitio de la estación acelerográfica correspondiente para después comparar donde se encuentra con respecto a los espectros de respuesta de diseño. En base a eso se clasifico al sismo como frecuente.

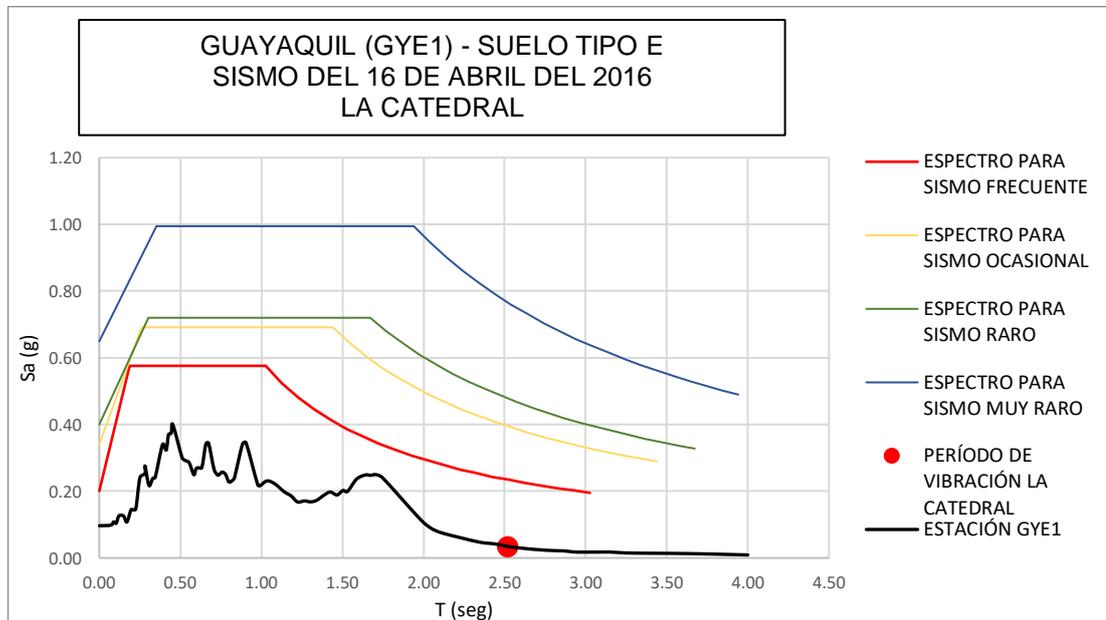


Ilustración 88 Desempeño del templo de la Catedral (2016), Guayaquil.

Fuente: Andrei Moreno

5.11.2. Desplazamiento elástico y derivas inelástica

Se ubicó el periodo de vibración la estructura en el espectro de desplazamiento de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_d del caso de estudio como se indica en la tabla 50.



Ilustración 89 Desplazamiento de respuesta de la Catedral(2016), Guayaquil - Estación GYE1(suelo tipo E).

Fuente: Andrei Moreno

Tabla 50 Derivas de la Catedral.

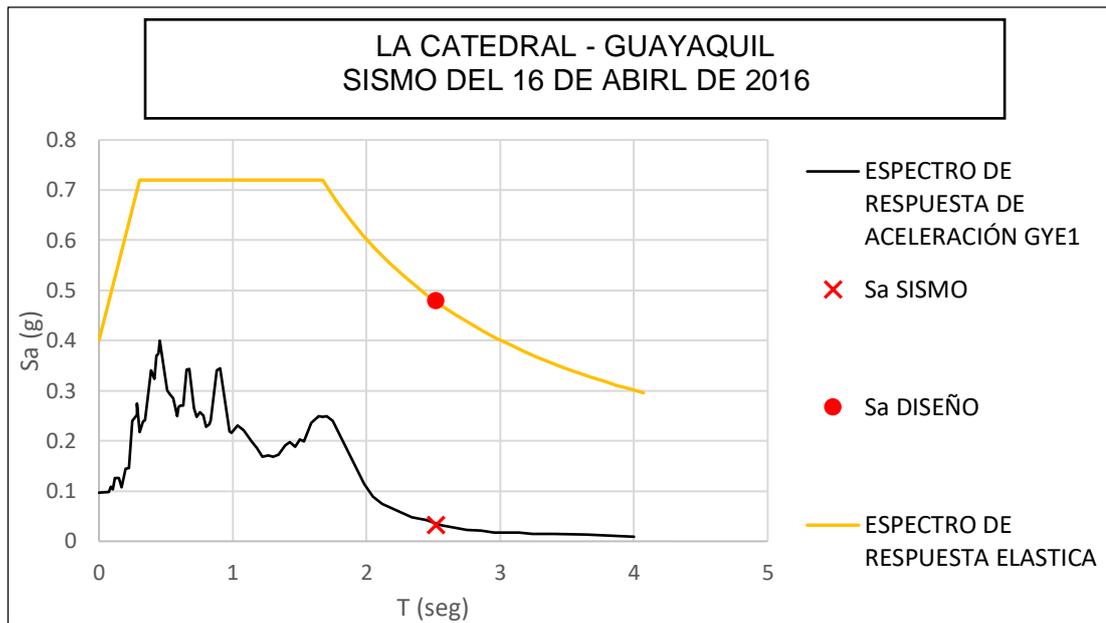
T	2,52
Sd	0,06
H	70
DERIVAS	
$\Delta e = Sd / H$	
Δe	0,0009
$\Delta m = 0,75 \times \Delta e$	
Δm	0,0006
$\Delta m < 0,02$	

Fuente: Andrei Moreno

Los valores máximos permitidos están establecidos en la NEC-15 y se presentan en la tabla 29, donde se expresa la deriva máxima como un porcentaje de la altura de piso. La Catedral no sobrepasa los límites por lo que se puede decir que si cumple con lo establecido.

5.11.3. Factor de reducción efectivo

Se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta elástica de diseño para un sismo menos que frecuente, también se lo ubico en el espectro de respuesta aceleraciones de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_a de sismo y S_a de diseño, a continuación se indica en la ilustración 90.



Periodo	2,52	Tipo de suelo	E
Sa sismo	0,033	R efectivo	14,55
Sa diseño	0,48	R norma	8

Ilustración 90 Factor de reducción efectiva de la Iglesia de la Merced (1998), Bahía de Caráquez.

Fuente: Andrei Moreno

5.11.4. Ficha de desempeño sísmico

Sismo:

- Se clasifico el sismo como menos que frecuente

Daños observados:

- Desplome de vitrales
- Caída de elementos arquitectónicos externos e internos, además de múltiples imágenes religiosas.
- Falla del baldaquino de mármol, presento múltiples grietas y caída de elementos decorativos los cuales a su vez provocaron daños en el piso también de mármol.
- Fisuras en algunas paredes.
- Agrietamiento superficial en las cúpulas

Causas de daños:

- Irregularidad vertical y en planta.

Desempeño:

- La Norma Ecuatoriana de la Construcción no especifica el comportamiento de una estructura especial en el caso de un sismo frecuente u ocasional, sin embargo si especifica dicho comportamiento para el caso de un sismo raro y muy raro (tabla 30). También se especifica el comportamiento de una estructura normal en la tabla 31. Mediante esas referencias, se puede inferir que no se esperan daños en estructuras especiales durante sismos frecuentes y que por lo tanto La Catedral de Guayaquil no cumplió con el desempeño esperando por la NEC – 15 durante el sismo del 2016.
- Se mantuvo abierta con normalidad.

5.12. Iglesia de La Victoria

Datos

Provincia: Guayas

Ciudad: Guayaquil

Suelo: Tipo E

Fecha de sismo: 16 de abril del 2016

5.12.1. Tipo de sismo

Para clasificar el tipo de sismo que afecto a la Iglesia de La Victoria en el año 2016 se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta de sitio de la estación acelerográfica correspondiente para después comparar donde se encuentra con respecto a los espectros de respuesta de diseño. En base a eso se clasifico al sismo como menos que frecuente

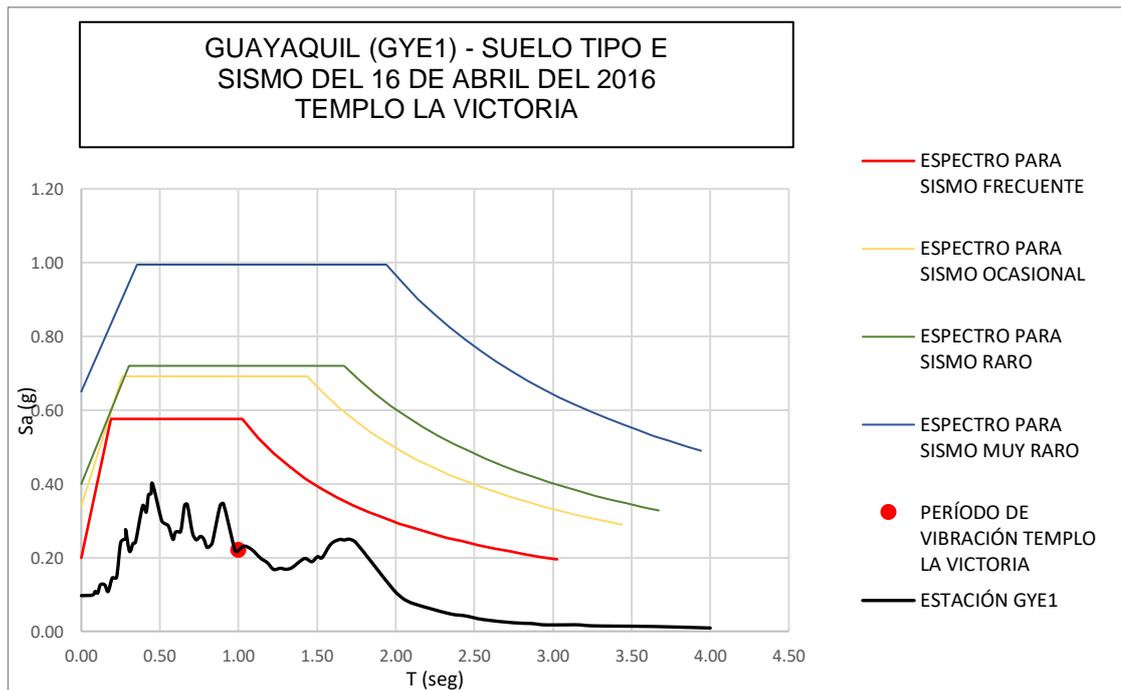


Ilustración 91 Desempeño de la iglesia de La Victoria(2016), Guayaquil.

Fuente: Andrei Moreno

5.12.2. Desplazamiento elástico y derivas inelástica

Se ubicó el periodo de vibración la estructura en el espectro de desplazamiento de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento Sd del caso de estudio como se indica en la tabla 51.



Ilustración 92 Desplazamiento de respuesta de la Iglesia de La Victoria(2016), Guayaquil - Estación GYE1(suelo tipo D).

Fuente: Andrei Moreno

Tabla 51 Derivas de la Iglesia de La Victoria.

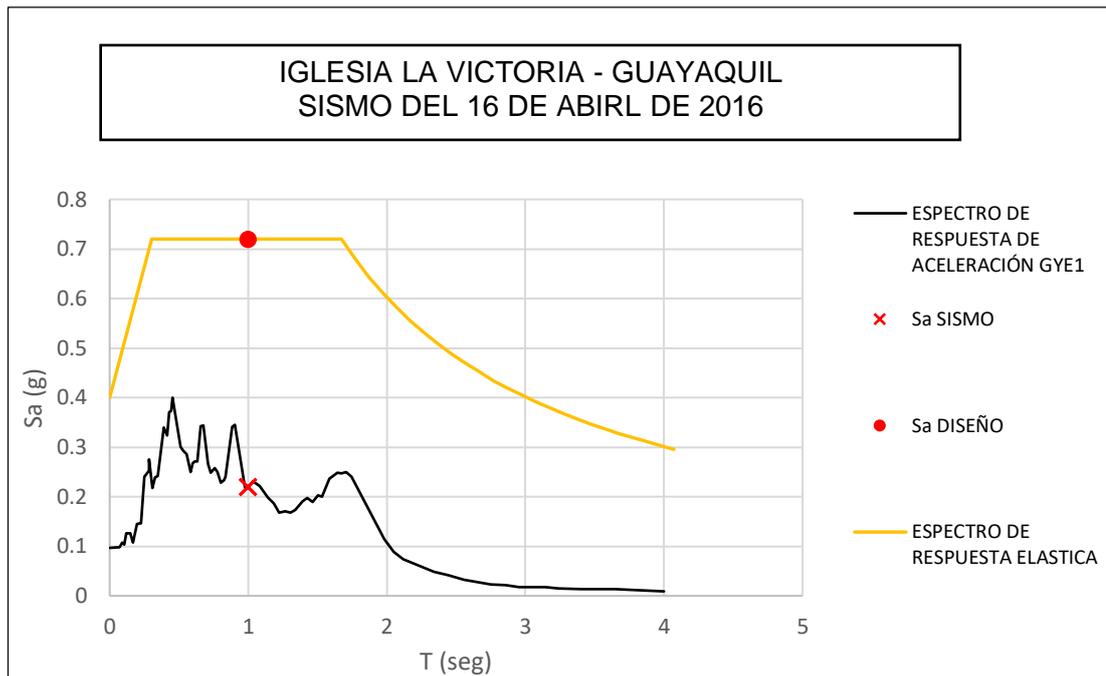
T	1
Sd	0,055
H	25
DERIVAS	
$\Delta e = Sd / H$	
Δe	0,0022
$\Delta m = 0,75 \times \Delta e$	
Δm	0,0017
$\Delta m < 0,02$	

Fuente: Andrei Moreno

Los valores máximos permitidos están establecidos en la NEC-15 y se presentan en la tabla 29, donde se expresa la deriva máxima como un porcentaje de la altura de piso. La Iglesia de la Victoria no sobrepasa los límites por lo que se puede decir que si cumple con lo establecido.

5.12.3. Factor de reducción efectivo

Se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta elástica de diseño para un sismo menos que frecuente, también se lo ubico en el espectro de respuesta aceleraciones de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_a de sismo y S_a de diseño, a continuación se indica en la ilustración 93.



Periodo	1	Tipo de suelo	E
Sa sismo	0,22	R efectivo	3,27
Sa diseño	0,72	R norma	8

Ilustración 93 Factor de reducción efectiva de la iglesia de La Victoria(2016), Guayaquil.

Fuente: Andrei Moreno

5.12.4. Ficha de desempeño sísmico

Sismo:

- Se clasifico el sismo como menos que frecuente

Daños observados:

- Agrietamiento en las cúpulas
- Desprendimiento de enlucido

- Caída de elementos arquitectónicos
- Fallas en el piso: hundimiento y agrietamiento en las zonas laterales de la iglesia
- Asentamiento de pilares centrales

Causas de daños:

- Irregularidad vertical.
- Gran irregularidad en planta
- Choque de edificios vecinos
- El periodo de la estructura esta dentro de la zona de amplificación sísmica, esto provoca que las estructura este sometida a fuerzas elevadas.

Desempeño:

- La Norma Ecuatoriana de la Construcción no especifica el comportamiento de una estructura especial en el caso de un sismo frecuente u ocasional, sin embargo si especifica dicho comportamiento para el caso de un sismo raro y muy raro (tabla 30). También se especifica el comportamiento de una estructura normal en la tabla 31. Mediante esas referencias, se puede inferir que no se esperan daños en estructuras especiales durante sismos frecuentes y que por lo tanto la iglesia de La Victoria en Guayaquil no cumplió con el desempeño esperando por la NEC – 15 durante el sismo del 2016.
- Actualmente se mantiene en observación debido a los daños existentes, además presenta fallas de suelo
- Se recomienda al publico en general que tenga mucho cuidado cuando visiten la iglesia.
- Solo se abre a ciertas horas del día.

5.13. Iglesia San Francisco

Datos

Provincia: Guayas

Ciudad: Guayaquil

Suelo: Tipo E

Fecha de sismo: 16 de abril del 2016

5.13.1. Tipo de sismo

Para clasificar el tipo de sismo que afecto a la Iglesia San Francisco en el año 2016 se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta de sitio de la estación acelerográfica correspondiente para después comparar donde se encuentra con respecto a los espectros de respuesta de diseño. En base a eso se clasifico al sismo como frecuente

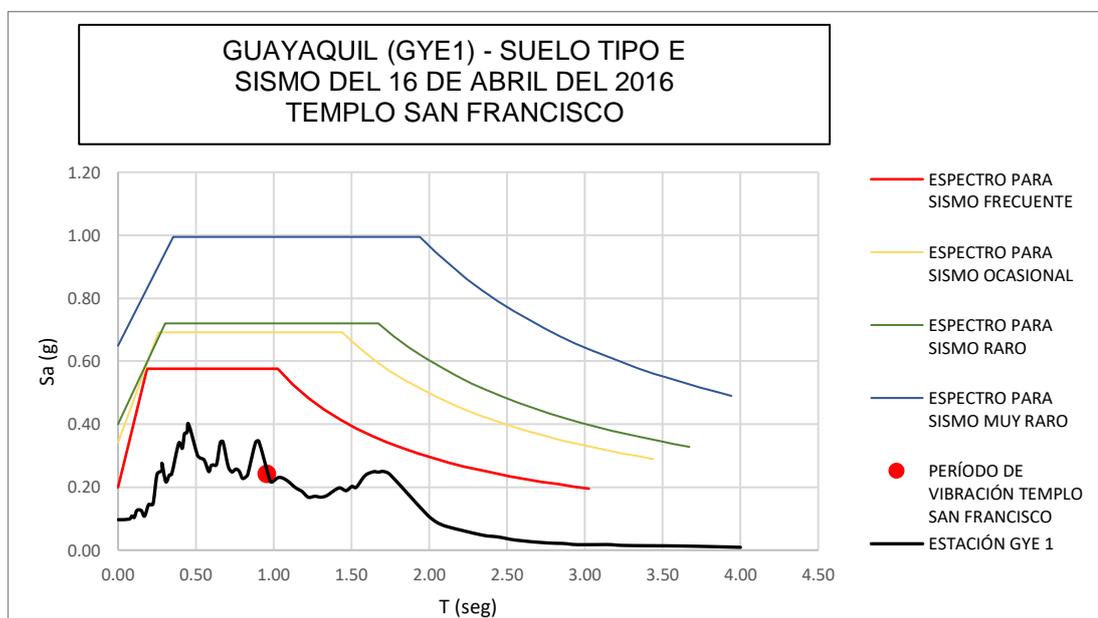


Ilustración 94 Desempeño de la iglesia San Francisco(2016), Guayaquil.

Fuente: Andrei Moren

5.13.2. Desplazamiento elástico y derivas inelástica

Se ubicó el periodo de vibración la estructura en el espectro de desplazamiento de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_d del caso de estudio como se indica en la tabla 52.



Ilustración 95 Desplazamiento de respuesta de la Iglesia San Francisco(2016), Guayaquil - Estación GYE1(suelo tipo D).

Fuente: Andrei Moreno

Tabla 52 Derivas de la Iglesia San Francisco.

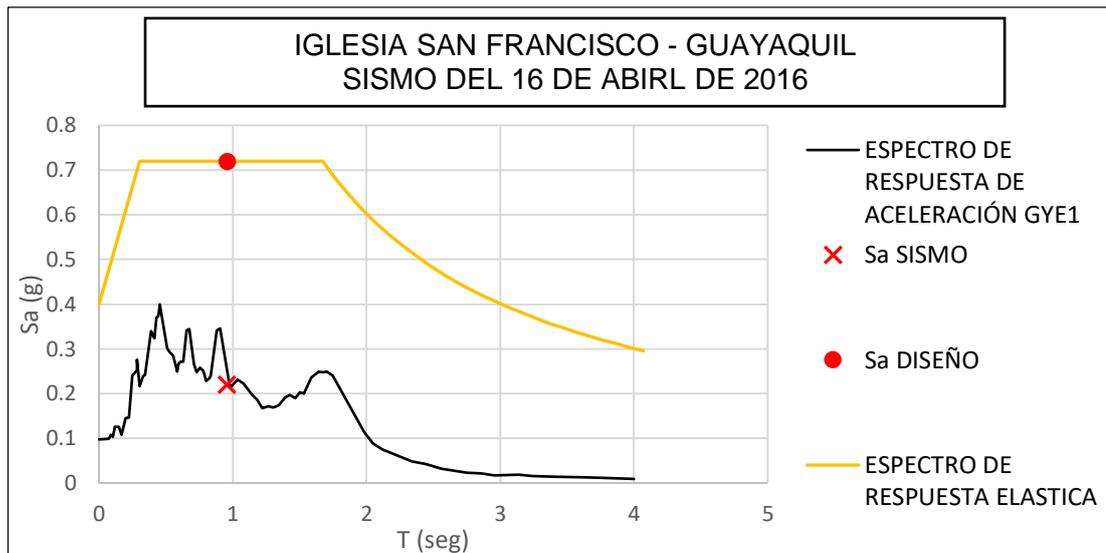
T	0,96
Sd	0,064
H	24
DERIVAS	
$\Delta e = Sd / H$	
Δe	0,0027
$\Delta m = 0,75 \times \Delta e$	
Δm	0,0020
$\Delta m < 0,02$	

Fuente: Andrei Moreno

Los valores máximos permitidos están establecidos en la NEC-15 y se presentan en la tabla 29, donde se expresa la deriva máxima como un porcentaje de la altura de piso. La Iglesia San Francisco no sobrepasa los límites por lo que se puede decir que si cumple con lo establecido.

5.13.3. Factor de reducción efectivo

Se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta elástica de diseño para un sismo frecuente, también se lo ubico en el espectro de respuesta aceleraciones de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_a de sismo y S_a de diseño, a continuación se indica en la ilustración 96.



Periodo	0,96	Tipo de suelo	E
Sa sismo	0,23	R efectivo	3,13
Sa diseño	0,72	R norma	8

Ilustración 96 Factor de reducción efectiva de la iglesia San Francisco(2016), Guayaquil.

Fuente: Andrei Moreno

5.13.4. Ficha de desempeño sísmico

Sismo:

- Se clasifico el sismo como frecuente

Daños observados:

- Agrietamiento en las cúpulas
- Caída de elementos arquitectónicos
- Fisura en algunas paredes

Causas de daños:

- El periodo de la estructura esta dentro de la zona de amplificación sísmica, esto provoca que las estructura este sometida a fuerzas elevadas.
- Condición critica columna fuerte-viga débil
- Mala calidad de construcción
- Irregularidad vertical y poca rigidez en planta baja

Desempeño:

- La Norma Ecuatoriana de la Construcción no especifica el comportamiento de una estructura especial en el caso de un sismo frecuente u ocasional, sin embargo si especifica dicho comportamiento para el caso de un sismo raro y muy raro (tabla 30). También se especifica el comportamiento de una estructura normal en la tabla 31. Mediante esas referencias, se puede inferir que no se esperan daños en estructuras especiales durante sismos frecuentes y que por lo tanto la iglesia San Francisco no cumplió con el desempeño esperando por la NEC – 15 durante el sismo del 2016.
- Se mantuvo abierta después del sismo.

5.14. Iglesia San Alejo

Datos

Provincia: Guayas

Ciudad: Guayaquil

Suelo: Tipo E

Fecha de sismo: 16 de abril del 2016

5.14.1. Tipo de sismo

Para clasificar el tipo de sismo que afecto a la Iglesia San Alejo en el año 2016 se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta de sitio de la estación acelerográfica correspondiente para

después comparar donde se encuentra con respecto a los espectros de respuesta de diseño. En base a eso se clasifico al sismo como frecuente

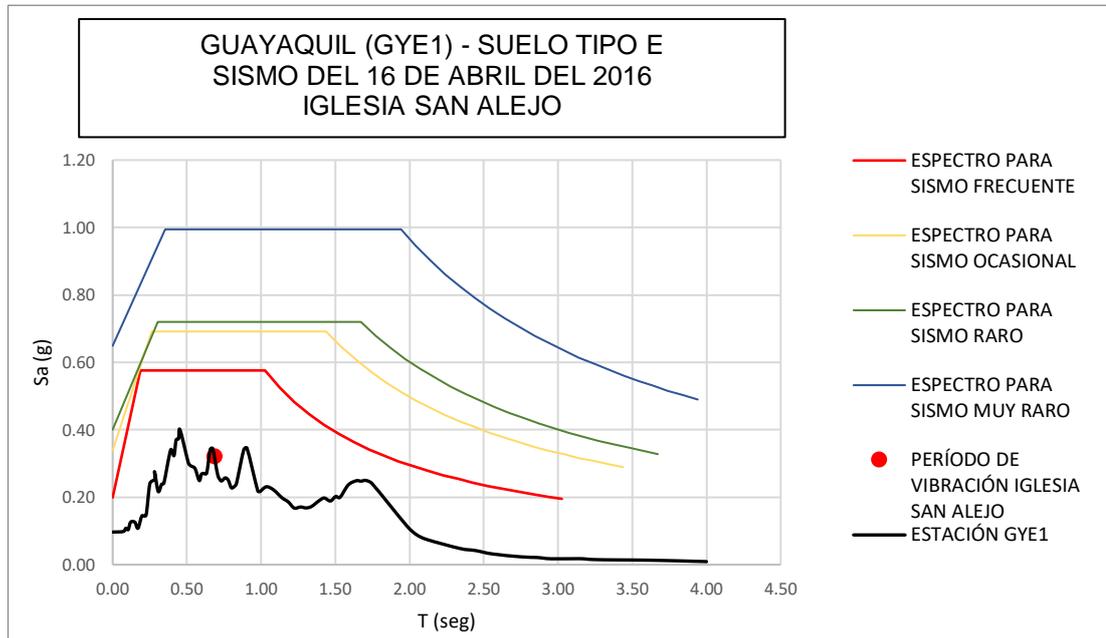


Ilustración 97 Desempeño de la iglesia San Alejo(2016), Guayaquil.

Fuente: Andrei Moreno

5.14.2. Desplazamiento elástico y derivas inelástica

Se ubicó el periodo de vibración la estructura en el espectro de desplazamiento de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_d del caso de estudio como se indica en la tabla 53.



Ilustración 98 Desplazamiento de respuesta de la Iglesia San Alejo(2016), Guayaquil – Estación GYE1(suelo tipo D).

Fuente: Andrei Moreno

Tabla 53 Derivas de la Iglesia San Alejo.

T	0,69
Sd	0,034
H	16,7
DERIVAS	
$\Delta e = Sd / H$	
Δe	0,0020
$\Delta m = 0,75 \times \Delta e$	
Δm	0,0015
$\Delta m < 0,02$	

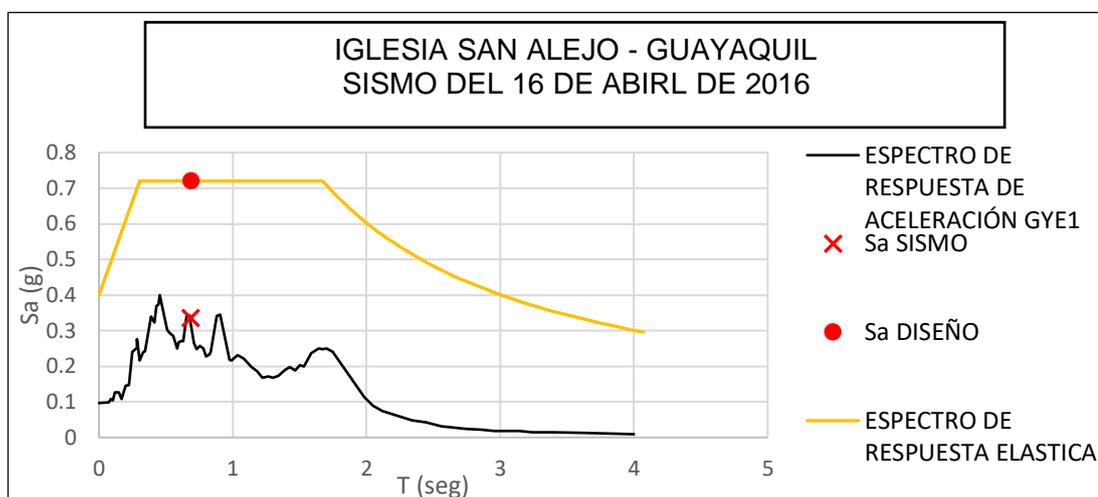
Fuente: Andrei Moreno

Los valores máximos permitidos están establecidos en la NEC-15 y se presentan en la tabla 29, donde se expresa la deriva máxima como un porcentaje de la altura de piso. La Iglesia San Alejo no sobrepasa los límites por lo que se puede decir que si cumple con lo establecido.

5.14.3. Factor de reducción efectivo

Se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta elástica de diseño para un sismo frecuente, también se lo ubico

en el espectro de respuesta aceleraciones de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_a de sismo y S_a de diseño, a continuación se indica en la ilustración 99.



Periodo	0,69	Tipo de suelo	E
Sa sismo	0,335	R efectivo	2,15
Sa diseño	0,72	R norma	8

Ilustración 99 Factor de reducción efectiva de la iglesia San Alejo(2016), Guayaquil.

Fuente: Andrei Moreno

5.14.4. Ficha de desempeño sísmico

Sismo:

- Se clasifico el sismo como frecuente

Daños observados:

- Caída de elementos arquitectónicos
- Fisura en algunas paredes

Causas de daños:

- El periodo de la estructura esta dentro de la zona de amplificación sísmica, esto provoca que las estructura este sometida a fuerzas elevadas.
- Condición columna débil-viga fuerte
- Asimetría vertical y poca rigidez en planta

Desempeño:

- La Norma Ecuatoriana de la Construcción no especifica el comportamiento de una estructura especial en el caso de un sismo frecuente u ocasional, sin embargo si especifica dicho comportamiento para el caso de un sismo raro y muy raro (tabla 30). También se especifica el comportamiento de una estructura normal en la tabla 31. Mediante esas referencias, se puede inferir que no se esperan daños en estructuras especiales durante sismos frecuentes y que por lo tanto la iglesia de San Alejo no cumplió con el desempeño esperando por la NEC – 15 durante el sismo del 2016.
- Se mantuvo abierta después del sismo.

5.15. Iglesia San José

Datos

Provincia: Guayas

Ciudad: Guayaquil

Suelo: Tipo E

Fecha de sismo: 16 de abril del 2016

5.15.1. Tipo de sismo

Para clasificar el tipo de sismo que afecto a la Iglesia San José en el año 2016 se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta de sitio de la estación acelerográfica correspondiente para después comparar donde se encuentra con respecto a los espectros de respuesta de diseño. En base a eso se clasifico al sismo como menos que frecuente

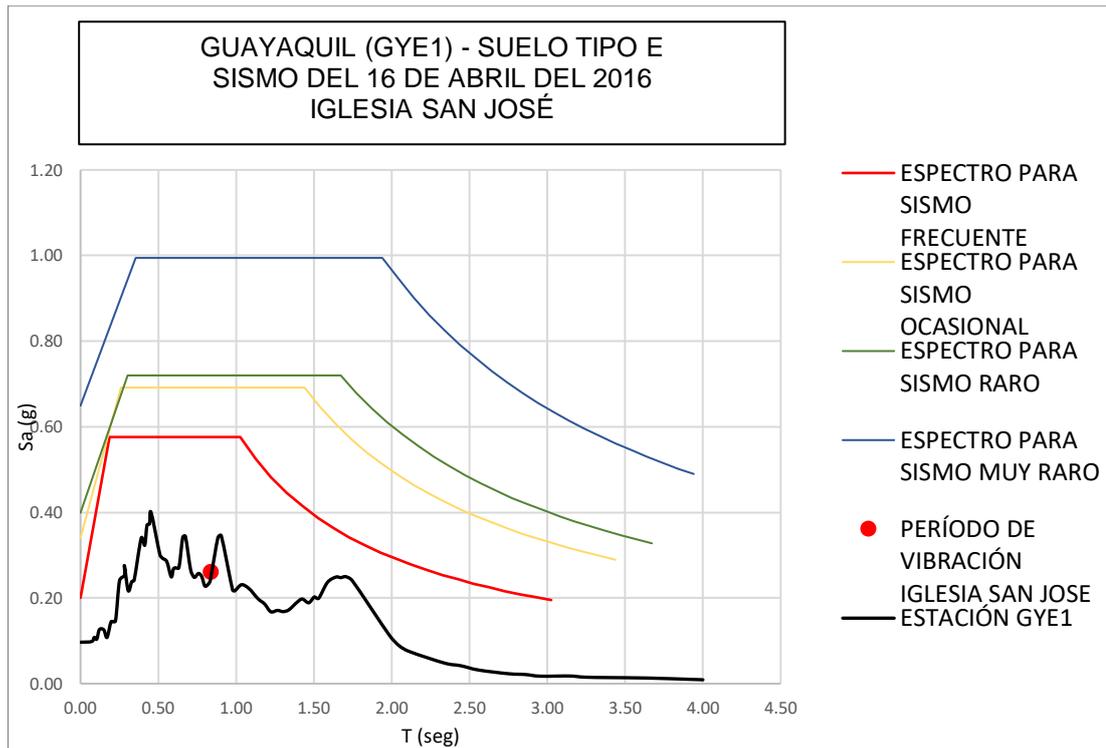


Ilustración 100 Desempeño de la iglesia San José(2016), Guayaquil.

Fuente: Andrei Moreno

5.15.2. Desplazamiento elástico y derivas inelástica

Se ubicó el periodo de vibración la estructura en el espectro de desplazamiento de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_d del caso de estudio como se indica en la tabla 54.



Ilustración 101 Desplazamiento de respuesta de la Iglesia San José(2016), Guayaquil – Estación GYE1(suelo tipo D).

Fuente: Andrei Moreno

Tabla 54 Derivas de la Iglesia San José.

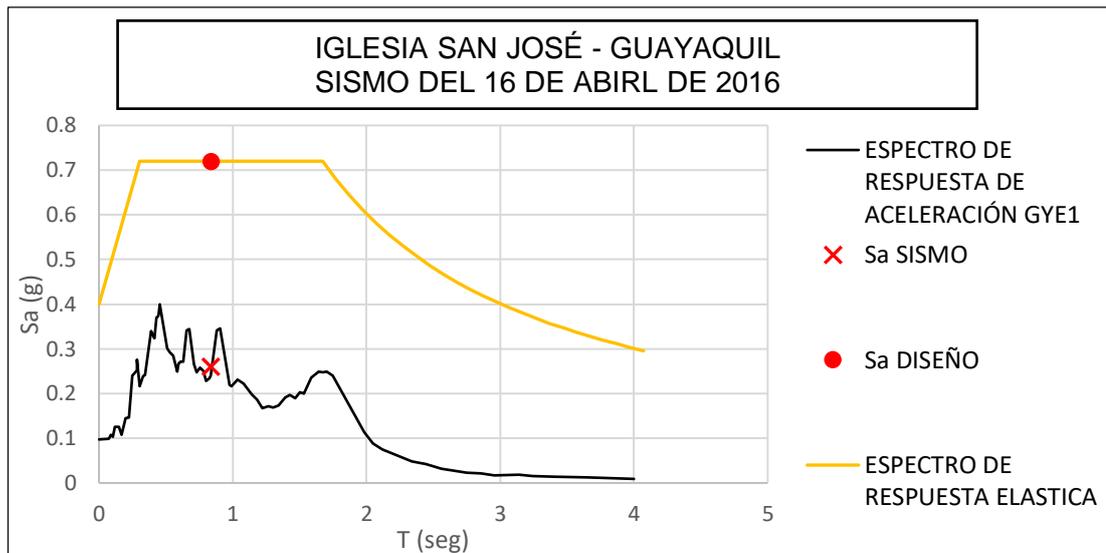
T	0,84
Sd	0,047
H	20,7
DERIVAS	
$\Delta e = Sd / H$	
Δe	0,0023
$\Delta m = 0,75 \times \Delta e$	
Δm	0,0017
$\Delta m < 0,02$	

Fuente: Andrei Moreno

Los valores máximos permitidos están establecidos en la NEC-15 y se presentan en la tabla 29, donde se expresa la deriva máxima como un porcentaje de la altura de piso. La Iglesia San Alejo no sobrepasa los límites por lo que se puede decir que si cumple con lo establecido.

5.15.3. Factor de reducción efectivo

Se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta elástica de diseño para un sismo frecuente, también se lo ubico en el espectro de respuesta aceleraciones de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_a de sismo y S_a de diseño, a continuación se indica en la ilustración 102.



Periodo	0,84	Tipo de suelo	E
Sa sismo	0,26	R efectivo	2,77
Sa diseño	0,72	R norma	8

Ilustración 102 Factor de reducción efectiva de la iglesia San José(2016), Guayaquil.

Fuente: Andrei Moreno

5.15.4. Ficha de desempeño sísmico

Sismo:

- Se clasifico el sismo como frecuente

Daños observados:

- Caída figuras religiosas
- Pequeñas fisuras en paredes

Causas de daños:

- El periodo de la estructura esta dentro de la zona de amplificación sísmica, esto provoca que las estructura este sometida a fuerzas elevadas.
- Irregularidad vertical

Desempeño:

- Se mantuvo abierta después del sismo
- La Norma Ecuatoriana de la Construcción no especifica el comportamiento de una estructura especial en el caso de un sismo frecuente u ocasional, sin embargo si especifica dicho comportamiento para el caso de un sismo raro y muy raro (tabla 30). También se especifica el comportamiento de una estructura normal en la tabla 31. Mediante esas referencias, se puede inferir que no se esperan daños en estructuras especiales durante sismos frecuentes y que por lo tanto la iglesia de San José en Guayaquil no cumplió con el desempeño esperando por la NEC – 15 durante el sismo del 2016.

5.16. Iglesia de la Merced

Datos

Provincia: Guayas

Ciudad: Guayaquil

Suelo: Tipo E

Fecha de sismo: 16 de abril del 2016

5.16.1. Tipo de sismo

Para clasificar el tipo de sismo que afecto a la Iglesia de la Merced en el año 2016 se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta de sitio de la estación acelerográfica correspondiente para después comparar donde se encuentra con respecto a los espectros de respuesta de diseño. En base a eso se clasifico al sismo como frecuente

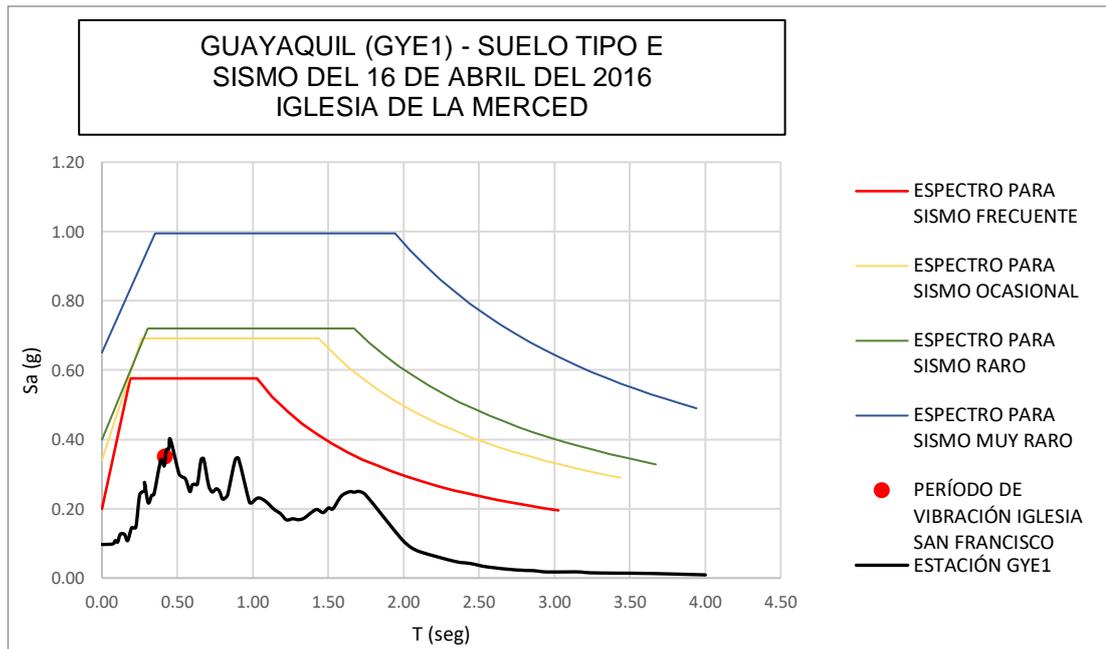


Ilustración 103 Desempeño sísmico de Iglesia de la Merced, Guayaquil.

Fuente: Andrei Moreno

5.16.2. Desplazamiento elástico y derivas inelástica

Se ubicó el periodo de vibración la estructura en el espectro de desplazamiento de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_d del caso de estudio como se indica en la tabla 55.



Ilustración 104 Desplazamiento de respuesta Iglesia de la Merced (2016), Guayaquil - Estación GYE1(suelo tipo E)

Fuente: Andrei Moreno

Tabla 55 Deriva de la Iglesia de la Merced

T	0,42
Sd	0,012
H	9,5
DERIVAS	
$\Delta e = Sd / H$	
Δe	0,0013
$\Delta m = 0,75 \times \Delta e$	
Δm	0,0009
$\Delta m < 0,02$	

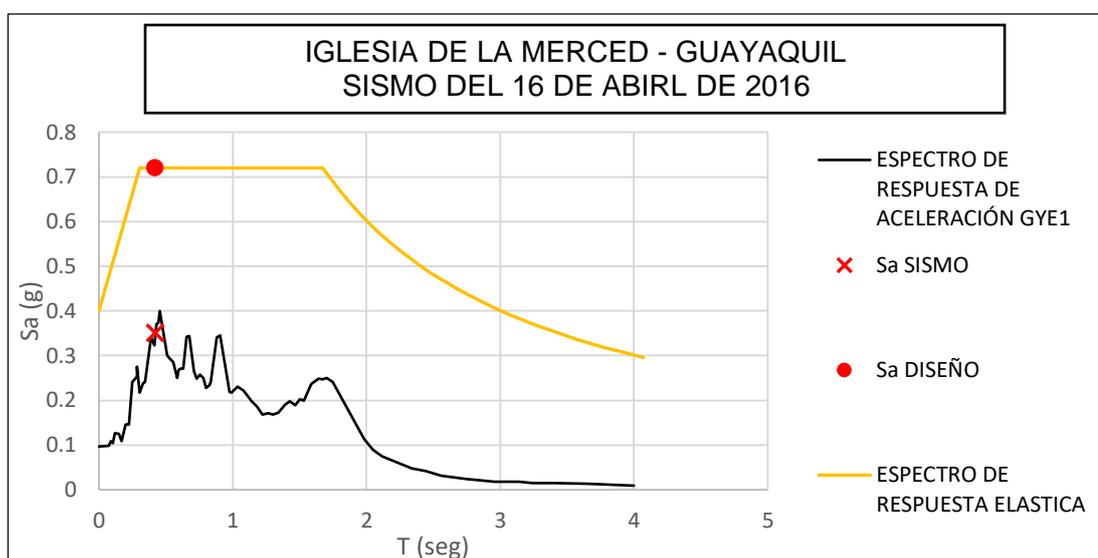
Fuente: Andrei Moreno

Los valores máximos permitidos están establecidos en la NEC-15 y se presentan en la tabla 29, donde se expresa la deriva máxima como un

porcentaje de la altura de piso. La Iglesia de la Merced no sobrepasa los límites por lo que se puede decir que si cumple con lo establecido.

5.16.3. Factor de reducción efectivo

Se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta elástica de diseño para un sismo menos que frecuente, también se lo ubico en el espectro de respuesta aceleraciones de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_a de sismo y S_a de diseño, a continuación se indica en la ilustración 105.



Periodo	0,42	Tipo de suelo	E
Sa sismo	0,33	R efectivo	2,18
Sa diseño	0,72	R norma	8

Ilustración 105 Factor de reducción efectiva de la Iglesia de la Merced (2016), Guayaquil.

Fuente: Andrei Moreno

5.16.4. Ficha de desempeño sísmico

Sismo:

- Se clasificó el sismo como menos que frecuente

Daños observados:

- Caída de elementos arquitectónicos

Causas de daños:

- Adosamiento a edificio contiguo
- Choque con edificio contiguo
- El periodo de la estructura esta dentro de la zona de amplificación sísmica, esto provoca que las estructura este sometida a fuerzas elevadas.

Desempeño:

- Siguió operando
- La Norma Ecuatoriana de la Construcción no especifica el comportamiento de una estructura especial en el caso de un sismo frecuente u ocasional, sin embargo si especifica dicho comportamiento para el caso de un sismo raro y muy raro (tabla 30). También se especifica el comportamiento de una estructura normal en la tabla 31. Mediante esas referencias, se puede inferir que no se esperan daños en estructuras especiales durante sismos frecuentes y que por lo tanto la iglesia de San José en Guayaquil no cumplió con el desempeño esperando por la NEC – 15 durante el sismo del 2016.

5.17. Catedral Metropolitana

Datos

Provincia: Manabí

Ciudad: Portoviejo

Suelo: Tipo D

Fecha de sismo: 16 de abril del 2016

5.17.1. Tipo de sismo

Para clasificar el tipo de sismo que afecto a la Catedral Metropolitana en el año 2016 se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta de sitio de la estación acelerográfica correspondiente para después comparar donde se encuentra con respecto

a los espectros de respuesta de diseño. En base a eso se clasifico al sismo como frecuente

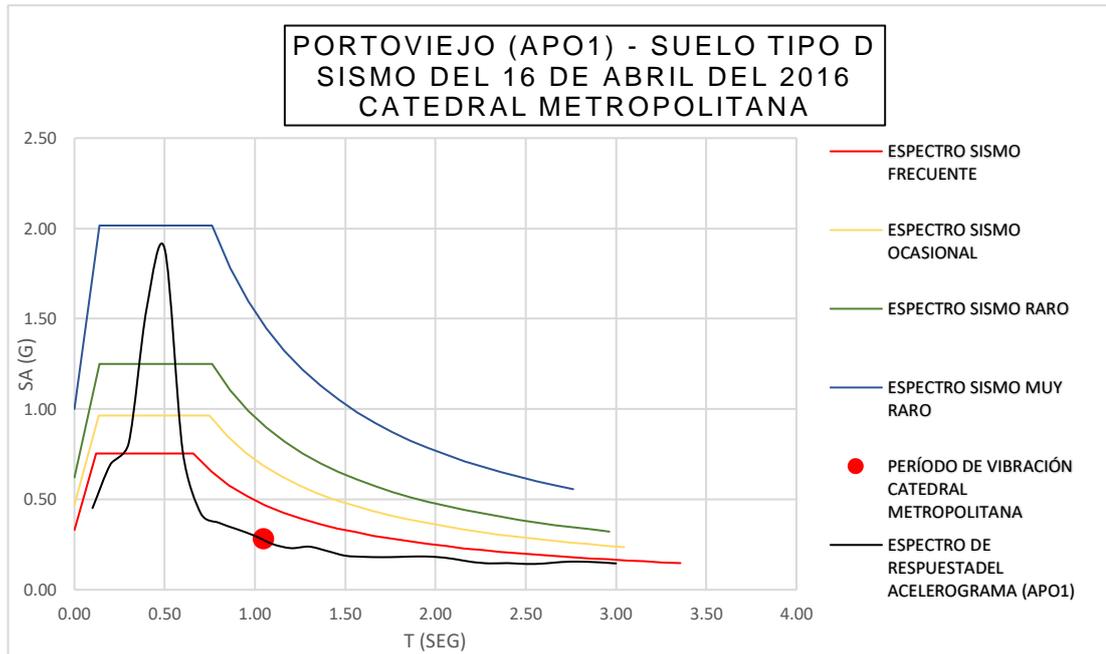


Ilustración 106 Desempeño sísmico de la Catedral Metropolitana, Portoviejo.

Fuente: Andrei Moreno

5.17.2. Desplazamiento elástico y derivas inelástica

Se ubicó el periodo de vibración la estructura en el espectro de desplazamiento de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_d del caso de estudio como se indica en la tabla 56.



Ilustración 107 Desplazamiento de respuesta la Catedral Metropolitana, Portoviejo (2016) - Estación APO1(suelo tipo D)

Fuente: Andrei Moreno

Tabla 56 Deriva de la Catedral Metropolitana

T	1,05
Sd	0,073
H	26,4
DERIVAS	
$\Delta e = Sd / H$	
Δe	0,0028
$\Delta m = 0,75 \times \Delta e$	
Δm	0,0021
$\Delta m < 0,02$	

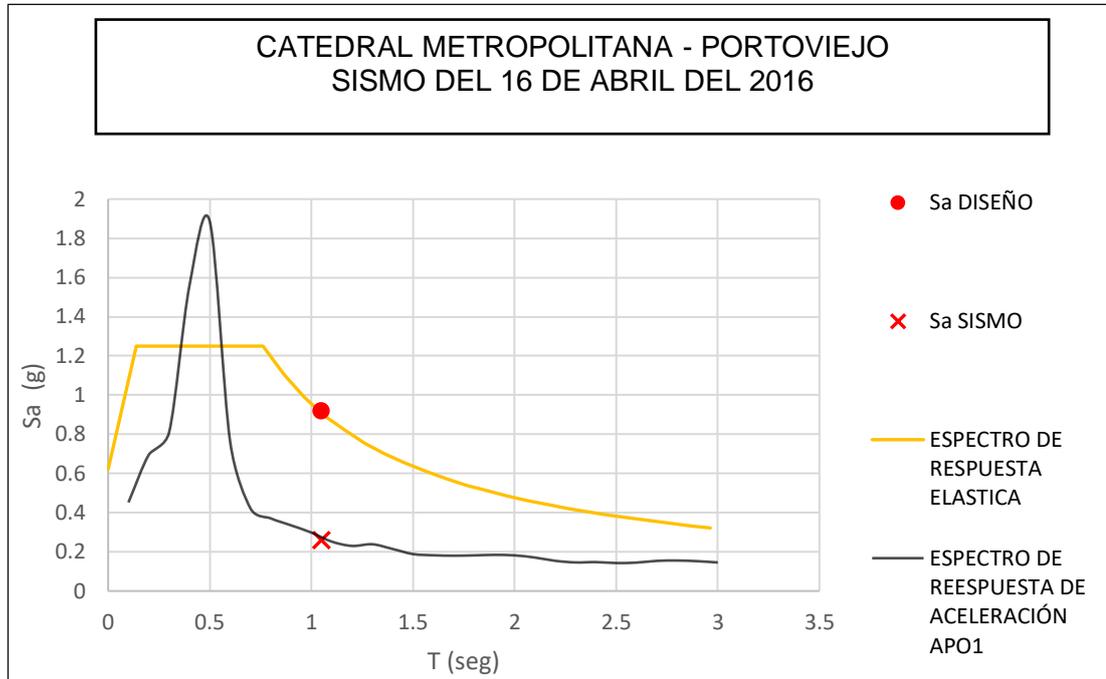
Fuente: Andrei Moreno

Los valores máximos permitidos están establecidos en la NEC-15 y se presentan en la tabla 29, donde se expresa la deriva máxima como un porcentaje de la altura de piso. La Catedral Metropolitana no sobrepasa los límites por lo que se puede decir que si cumple con lo establecido.

5.17.3. Factor de reducción efectivo

Se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta elástica de diseño para un sismo frecuente, también se lo ubico en el espectro de respuesta aceleraciones de la estación correspondiente

según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_a de sismo y S_a de diseño, a continuación se indica en la ilustración 108.



Periodo	1,05	Tipo de suelo	D
Sa sismo	0,26	R efectivo	3,54
Sa diseño	0,92	R norma	8

Ilustración 108 Factor de reducción efectiva de la Iglesia de la Merced (2016), Guayaquil.

Fuente: Andrei Moreno

5.17.4. Ficha de desempeño sísmico

Sismo:

- Se clasifico el sismo como frecuente

Daños observados:

- Falla estructural en las torres y naves
- Caída de recubrimiento del tumbado
- Agrietamiento en paredes y naves laterales
- Falla en los cimientos
- Desplazamiento de columnas
- Levantamiento del piso y agrietamiento de losa

Causas de daños:

- Sobre peso en las torres
- Falta de vigas de arrostramiento en sentido horizontal.
- Irregularidad vertical y en planta.
- Mala practica constructiva, no cumple con la relación acero hormigón

Desempeño:

- Cerro sus puertas temporalmente, solo una parte se mantiene abierta al publico.
- A pesar de que el periodo de la estructura esta fuera de la zona de amplificación sísmica, fue susceptible a grandes daños.
- Presento desplome de escombros lo cual puso es riesgo la seguridad de transeúntes.
- La Norma Ecuatoriana de la Construcción no especifica el comportamiento de una estructura especial en el caso de un sismo frecuente u ocasional, sin embargo si especifica dicho comportamiento para el caso de un sismo raro y muy raro (tabla 30). También se especifica el comportamiento de una estructura normal en la tabla 31. Mediante esas referencias, se puede inferir que no se esperan daños en estructuras especiales durante sismos frecuentes y que por lo tanto La Catedral Metropolitana de Portoviejo no cumplió con el desempeño esperando por la NEC – 15 durante el sismo del 2016.

5.18. Iglesia de la Merced

Datos

Provincia: Manabí

Ciudad: Portoviejo

Suelo: Tipo D

Fecha de sismo: 16 de abril del 2016

5.18.1. Tipo de sismo

Para clasificar el tipo de sismo que afecto a la Iglesia de la Merced en el año 2016 se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta de sitio de la estación acelerográfica correspondiente para después comparar donde se encuentra con respecto a los espectros de respuesta de diseño. En base a eso se clasifico al sismo como frecuente

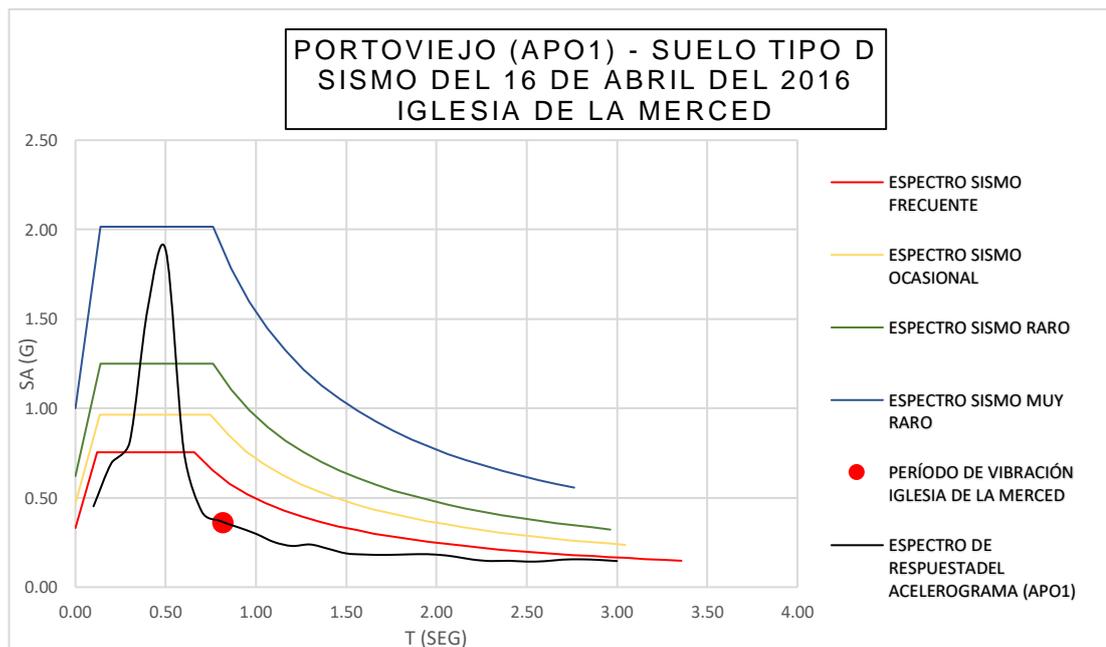


Ilustración 109 Desempeño sísmico de Iglesia de la Merced, Portoviejo.

Fuente: Andrei Moreno

5.18.2. Desplazamiento elástico y derivas inelástica

Se ubicó el periodo de vibración la estructura en el espectro de desplazamiento de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento Sd del caso de estudio como se indica en la tabla 57.



Ilustración 110 Desplazamiento de respuesta Iglesia de la Merced (2016), Portoviejo - Estación APO1(suelo tipo D)

Fuente: Andrei Moreno

Tabla 57 Deriva de la Iglesia de la Merced

T	0,82
Sd	0,057
H	16
DERIVAS	
$\Delta e = Sd / H$	
Δe	0,0036
$\Delta m = 0,75 \times \Delta e$	
Δm	0,0027
$\Delta m < 0,02$	

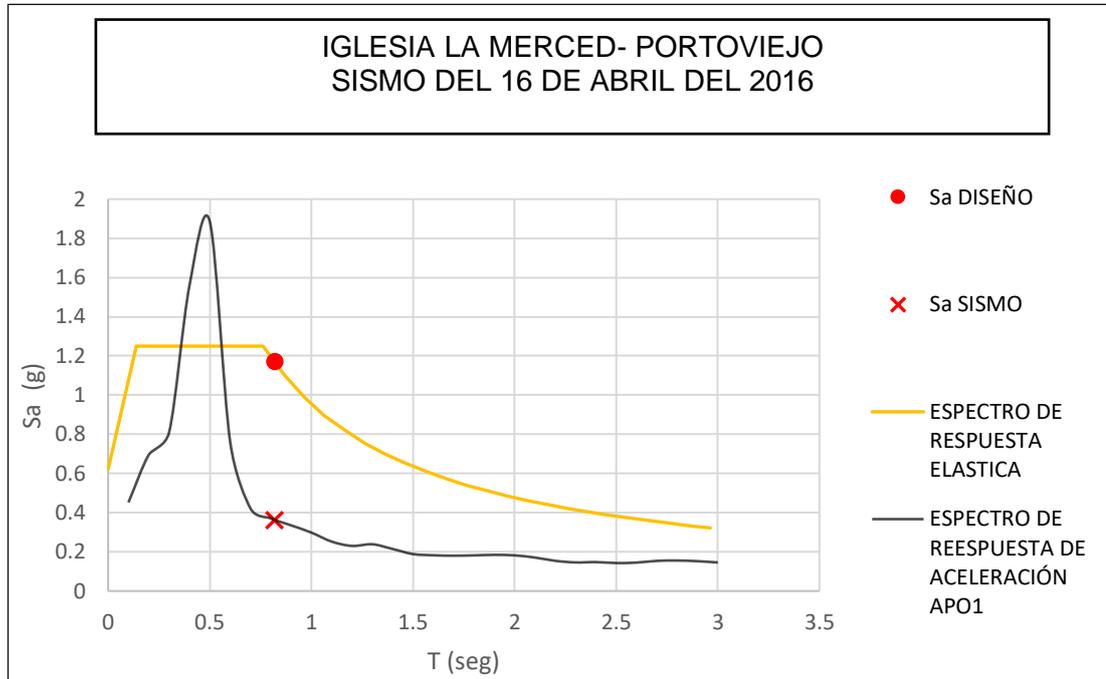
Fuente: Andrei Moreno

Los valores máximos permitidos están establecidos en la NEC-15 y se presentan en la tabla 29, donde se expresa la deriva máxima como un porcentaje de la altura de piso. La Iglesia de la Merced no sobrepasa los límites por lo que se puede decir que si cumple con lo establecido.

5.18.3. Factor de reducción efectivo

Se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta elástica de diseño para un sismo frecuente, también se lo ubico en el espectro de respuesta aceleraciones de la estación correspondiente

según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_a de sismo y S_a de diseño, a continuación se indica en la ilustración 111.



Periodo	0,82	Tipo de suelo	D
Sa sismo	0,36	R efectivo	3,25
Sa diseño	1,17	R norma	8

Ilustración 111 Factor de reducción efectiva de la Iglesia de la Merced (2016), Manta.

Fuente: Andrei Moreno

5.18.4. Ficha de desempeño sísmico

Sismo:

- Se clasifico el sismo como frecuente

Daños observados:

- Caída de vitrales.
- Fisuras en la torre
- Caída de recubrimiento del tumbado
- Desplazamiento de columnas
- Falla donde se genera momento, en la unión viga-columna.

Causas de daños:

- Irregularidad en planta
- Mala practica constructiva

Desempeño:

- Siguió operando
- La Norma Ecuatoriana de la Construcción no especifica el comportamiento de una estructura especial en el caso de un sismo frecuente u ocasional, sin embargo si especifica dicho comportamiento para el caso de un sismo raro y muy raro (tabla 30). También se especifica el comportamiento de una estructura normal en la tabla 31. Mediante esas referencias, se puede inferir que no se esperan daños en estructuras especiales durante sismos frecuentes y que por lo tanto el Templo de la Merced en Portoviejo no cumplió con el desempeño esperando por la NEC – 15 durante el sismo del 2016.

5.19. Catedral de la Dolorosa

Datos

Provincia: Manabí

Ciudad: Manta

Suelo: Tipo D

Fecha de sismo: 16 de abril del 2016

5.19.1. Tipo de sismo

Para clasificar el tipo de sismo que afecto a la Catedral de la Dolorosa en el año 2016 se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta de sitio de la estación acelerográfica correspondiente para después comparar donde se encuentra con respecto a los espectros de respuesta de diseño. En base a eso se clasifico al sismo como frecuente

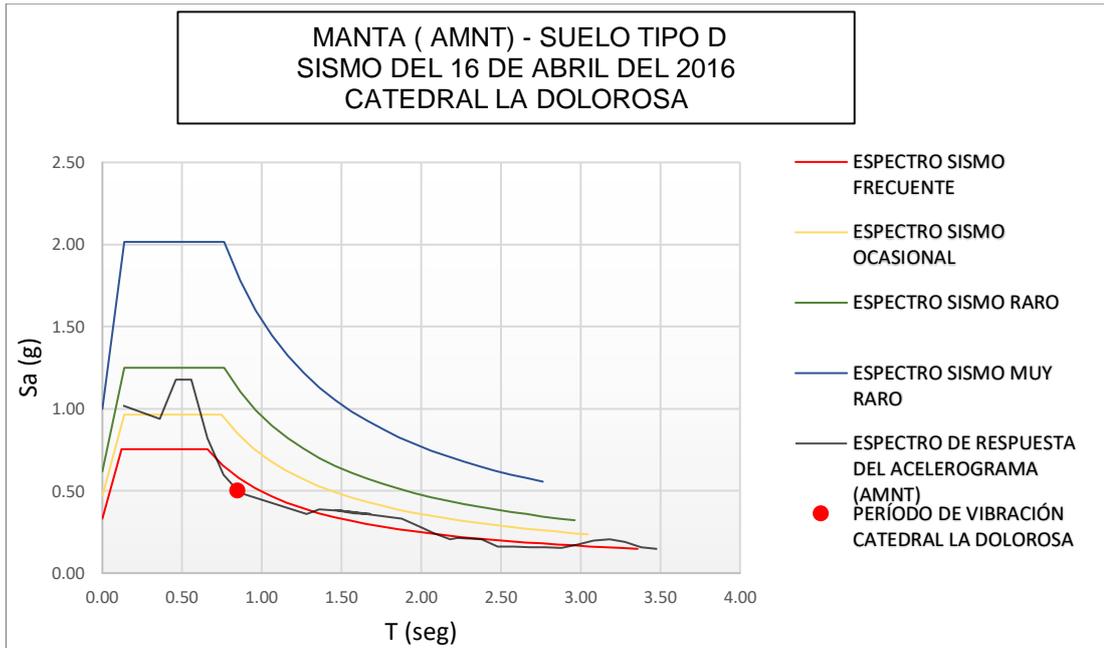


Ilustración 112 Desempeño sísmico de la Catedral de la Dolorosa, Manta.

Fuente: Andrei Moreno

5.19.2. Desplazamiento elástico y derivas inelástica

Se ubicó el periodo de vibración la estructura en el espectro de desplazamiento de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_d del caso de estudio como se indica en la tabla 58.



Ilustración 113 Desplazamiento de respuesta Catedral de la Dolorosa (2016), Manta - Estación AMNT(suelo tipo D)

Fuente: Andrei Moreno

Tabla 58 Deriva de la Catedral de la Dolorosa

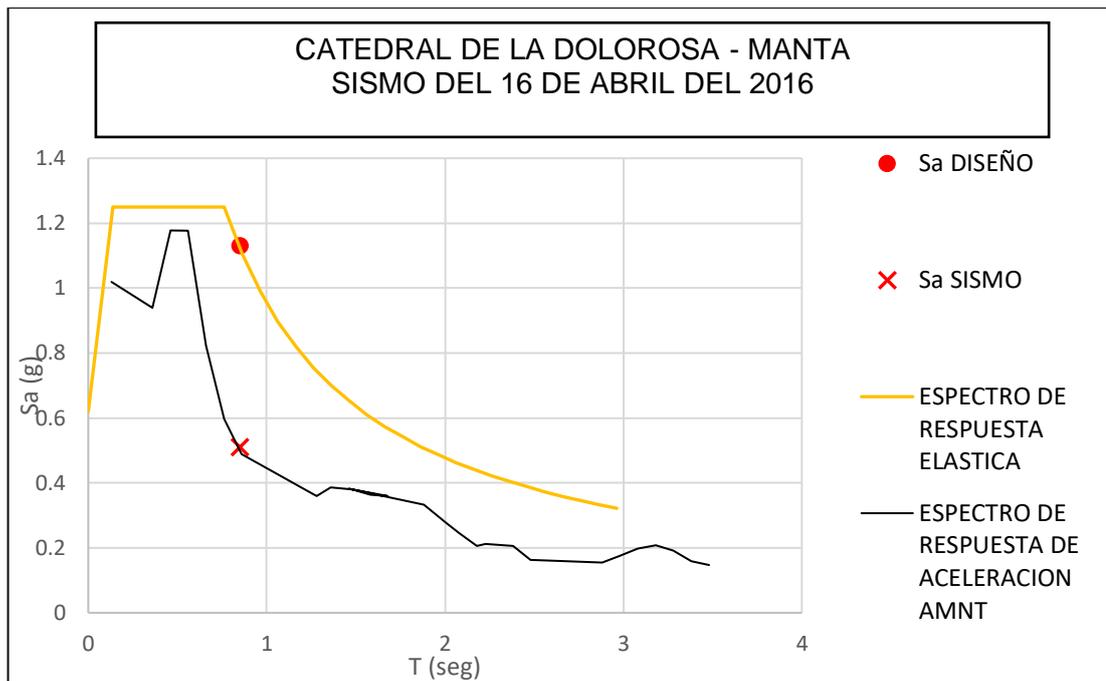
T	0,85
Sd	0,083
H	21
DERIVAS	
$\Delta e = Sd / H$	
Δe	0,0040
$\Delta m = 0,75 \times \Delta e$	
Δm	0,0030
$\Delta m < 0,02$	

Fuente: Andrei Moreno

Los valores máximos permitidos están establecidos en la NEC-15 y se presentan en la tabla 29, donde se expresa la deriva máxima como un porcentaje de la altura de piso. La Catedral de la Dolorosa no sobrepasa los límites por lo que se puede decir que si cumple con lo establecido.

5.19.3. Factor de reducción efectivo

Se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta elástica de diseño para un sismo frecuente, también se lo ubico en el espectro de respuesta aceleraciones de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_a de sismo y S_a de diseño, a continuación se indica en la ilustración 114.



Periodo	0,85	Tipo de suelo	D
Sa sismo	0,51	R efectivo	2,22
Sa diseño	1,13	R norma	8

Ilustración 114 Factor de reducción efectiva de la Catedral la Dolorosa(2016), Manta.

Fuente: Andrei Moreno

5.19.4. Ficha de desempeño sísmico

Sismo:

- Se clasifico el sismo como frecuente

Daños observados:

- Caída de vitrales y recubrimiento del tumbado por encima del altar
- Fisuras en la torre de campanario, paredes y columnas a partir del sótano.
- Desplome de elementos arquitectónicos exteriores.
- Desplazamiento de columnas.

Causas de daños:

- Irregularidad en planta
- Mala practica constructiva
- Falla en los cimientos de la estructura

- Mala relación hormigón-acero

Desempeño:

- Cerro sus puertas durante varias semanas.
- A pesar de que el periodo de la estructura esta fuera de la zona de amplificación sísmica, fue susceptible a grandes daños.
- La Norma Ecuatoriana de la Construcción no especifica el comportamiento de una estructura especial en el caso de un sismo frecuente u ocasional, sin embargo si especifica dicho comportamiento para el caso de un sismo raro y muy raro (tabla 30). También se especifica el comportamiento de una estructura normal en la tabla 31. Mediante esas referencias, se puede inferir que no se esperan daños en estructuras especiales durante sismos frecuentes y que por lo tanto la catedral de La Dolorosa en Manta no cumplió con el desempeño esperando por la NEC – 15 durante el sismo del 2016.

5.20. Iglesia Nuestra Señora del Rosario

Datos

Provincia: Manabí

Ciudad: Manta

Suelo: Tipo D

Fecha de sismo: 16 de abril del 2016

5.19.5. Tipo de sismo

Para clasificar el tipo de sismo que afecto a la iglesia de Nuestra Señora del Rosario en el año 2016 se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta de sitio de la estación acelerográfica correspondiente para después comparar donde se encuentra con respecto a los espectros de respuesta de diseño. En base a eso se clasifico al sismo como frecuente

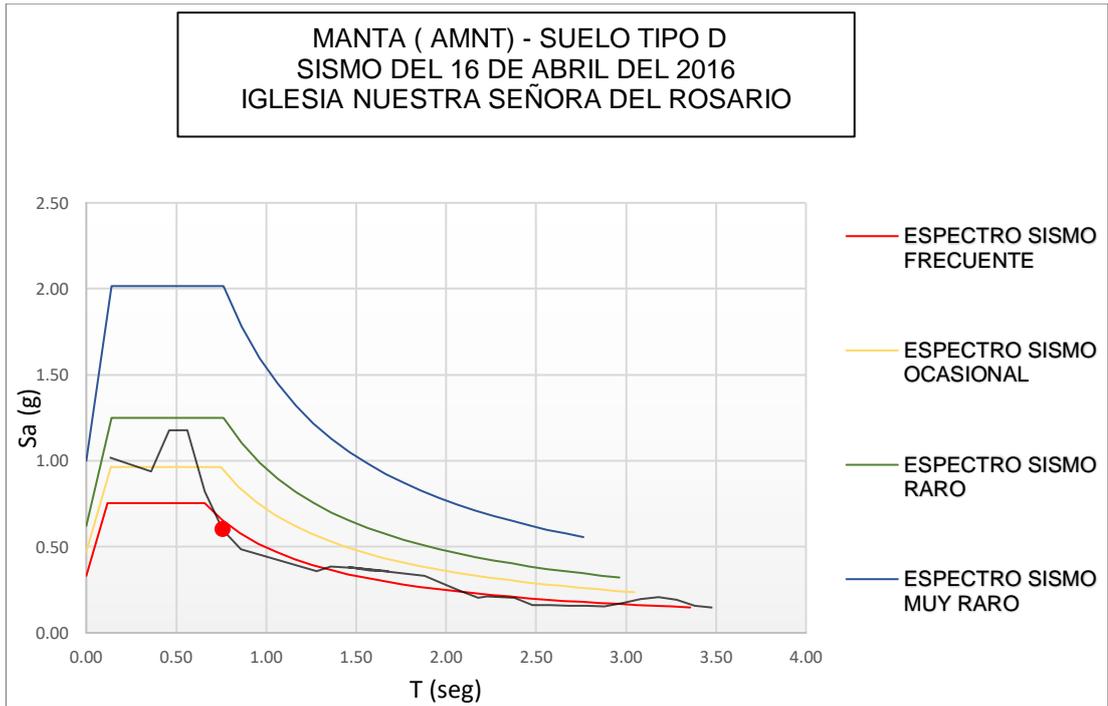


Ilustración 115 Desempeño sísmico de la Catedral de la Dolorosa, Manta.

Fuente: Andrei Moreno

5.19.6. Desplazamiento elástico y derivas inelástica

Se ubicó el periodo de vibración la estructura en el espectro de desplazamiento de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_d del caso de estudio como se indica en la tabla 59.

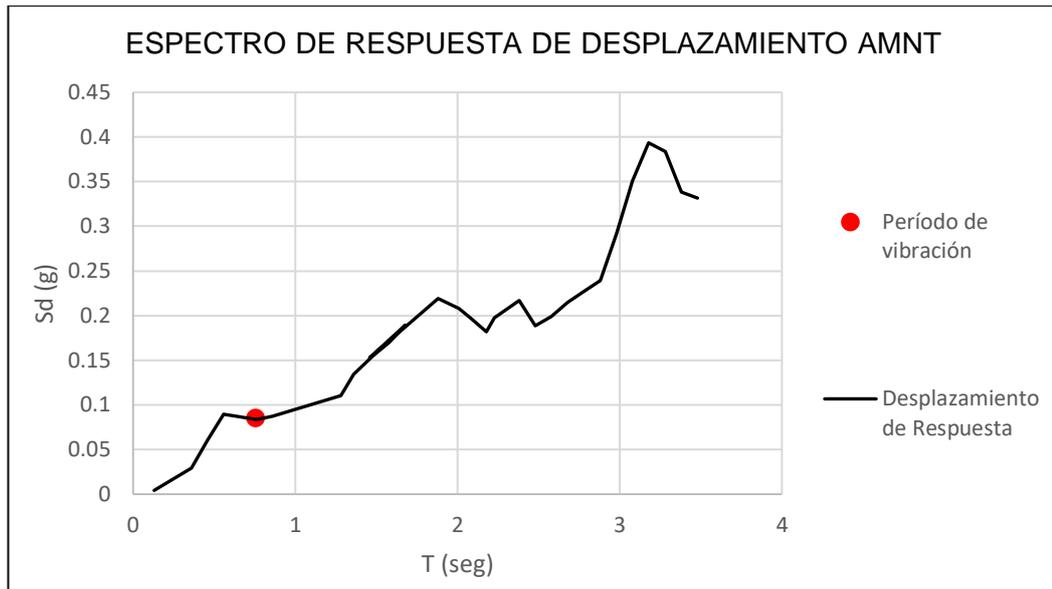


Ilustración 116 Desplazamiento de respuesta Catedral de la Dolorosa (2016), Manta - Estación AMNT(suelo tipo D)

Fuente: Andrei Moreno

Tabla 59 Deriva de la Catedral de la Dolorosa

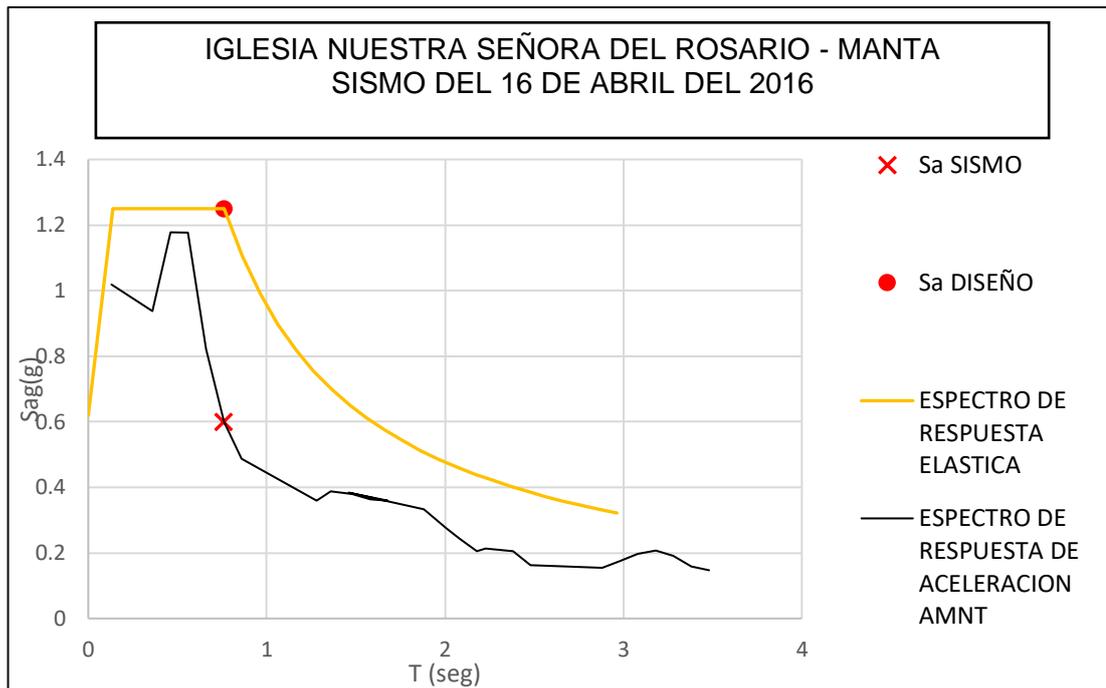
T	0,76
Sd	0,085
H	18,5
DERIVAS	
$\Delta e = Sd / H$	
Δe	0,0046
$\Delta m = 0,75 \times \Delta e$	
Δm	0,0034
$\Delta m < 0,02$	

Fuente: Andrei Moreno

Los valores máximos permitidos están establecidos en la NEC-15 y se presentan en la tabla 29, donde se expresa la deriva máxima como un porcentaje de la altura de piso. La Catedral de la Dolorosa no sobrepasa los límites por lo que se puede decir que si cumple con lo establecido.

5.19.7. Factor de reducción efectivo

Se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta elástica de diseño para un sismo frecuente, también se lo ubico en el espectro de respuesta aceleraciones de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_a de sismo y S_a de diseño, a continuación se indica en la ilustración 117.



Periodo	0,76	Tipo de suelo	D
Sa sismo	0,6	R efectivo	2,08
Sa diseño	1,25	R norma	2

Ilustración 117 Factor de reducción efectiva de la Catedral la Dolorosa(2016), Manta.

Fuente: Andrei Moreno

5.19.8. Ficha de desempeño sísmico

Sismo:

- Se clasifico el sismo como frecuente

Daños observados:

- Caída de cubierta.

- Colapso de columnas.
- Desplome de elementos arquitectónicos exteriores.
- Falla en unión viga-columna

Causas de daños:

- Mala practica constructiva
- Falla en los cimientos de la estructura
- Mala relación hormigón-acero

Desempeño:

- La estructura no soporto las fuerzas sísmicas, por lo cual se opto por reconstruirla totalmente.
- La Norma Ecuatoriana de la Construcción no especifica el comportamiento de una estructura especial en el caso de un sismo frecuente u ocasional, sin embargo si especifica dicho comportamiento para el caso de un sismo raro y muy raro (tabla 30). También se especifica el comportamiento de una estructura normal en la tabla 31. Mediante esas referencias, se puede inferir que no se esperan daños en estructuras especiales durante sismos frecuentes y que por lo tanto la iglesia de Nuestra Señora de Rosario no cumplió con el desempeño esperando por la NEC – 15 durante el sismo del 2016.

5.21. Iglesia de la Merced

Datos

Provincia: Manabí

Ciudad: Bahía de Caráquez

Suelo: Tipo D

Fecha de sismo: 16 de abril del 2016

5.20.1. Tipo de sismo

Para clasificar el tipo de sismo que afecto a la Iglesia de la Merced en el año 2016 se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta de sitio de la estación acelerográfica

correspondiente para después comparar donde se encuentra con respecto a los espectros de respuesta de diseño. En base a eso se clasifico al sismo entre frecuente y ocasional.

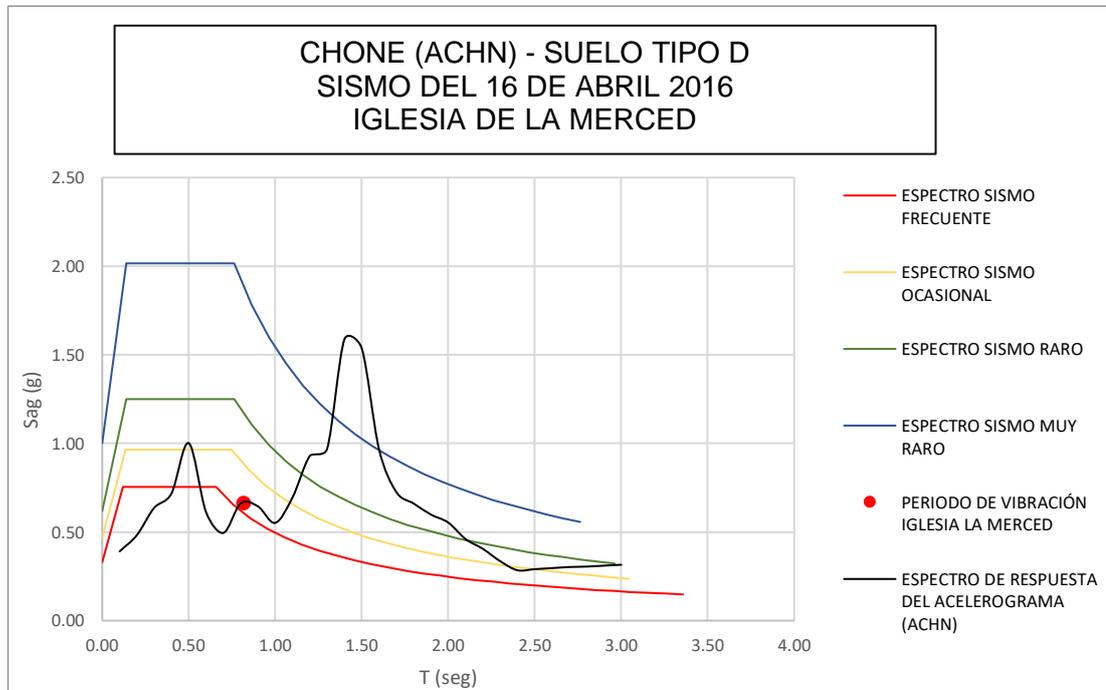


Ilustración 118 Desempeño sísmico de Iglesia de la Merced, Bahía de Caráquez.

Fuente: Andrei Moreno

5.20.2. Desplazamiento elástico y derivas inelástica

Se ubicó el periodo de vibración la estructura en el espectro de desplazamiento de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_d del caso de estudio como se indica en la tabla 60.



Ilustración 119 Desplazamiento de respuesta Iglesia de la Merced (2016), Bahía de Caráquez - Estación ACHN(suelo tipo D)

Fuente: Andrei Moreno

Tabla 60 Deriva de la Iglesia de la Merced

T	0,82
Sd	0,1
H	20
DERIVAS	
$\Delta e = Sd / H$	
Δe	0,00500
$\Delta m = 0,75 \times \Delta e$	
Δm	0,0038
$\Delta m < 0,02$	

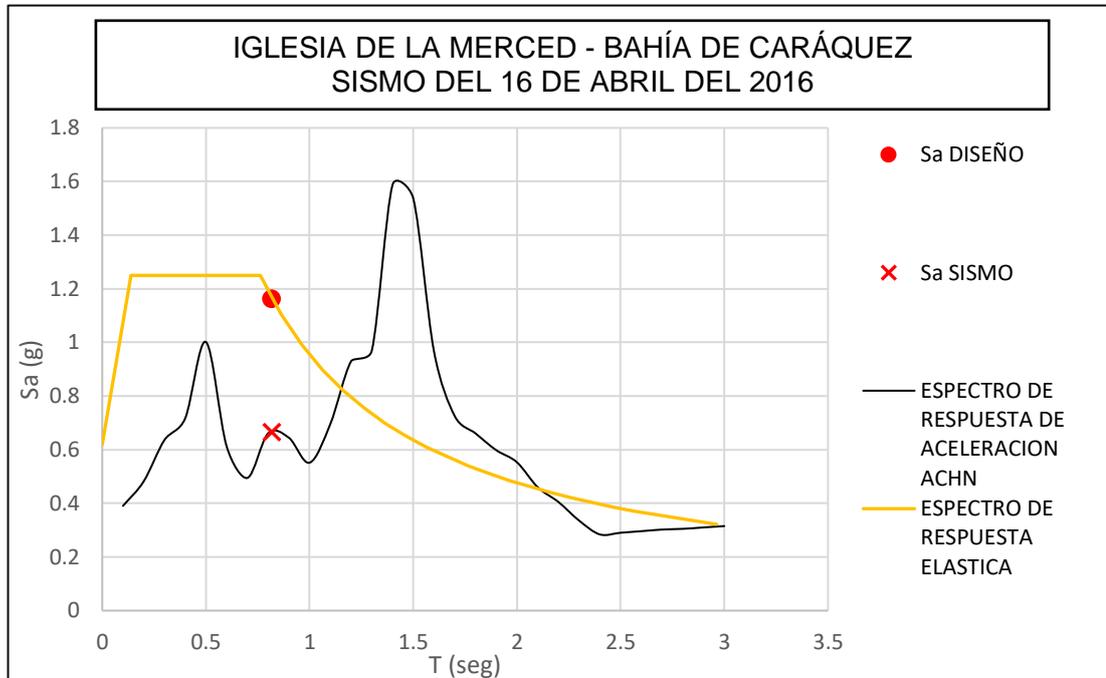
Fuente: Andrei Moreno

Los valores máximos permitidos están establecidos en la NEC-15 y se presentan en la tabla 29, donde se expresa la deriva máxima como un porcentaje de la altura de piso. La Iglesia de la Merced no sobrepasa los límites por lo que se puede decir que si cumple con lo establecido.

5.20.3. Factor de reducción efectivo

Se ubicó el período de vibración de la estructura en el espectro de respuesta elástica de diseño para un sismo entre frecuente y ocasional,

también se lo ubico en el espectro de respuesta aceleraciones de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_a de sismo y S_a de diseño, a continuación se indica en la ilustración 120.



Periodo	0,82	Tipo de suelo	D
Sa sismo	0,665	R efectivo	1,74
Sa diseño	1,16	R norma	8

Ilustración 120 Factor de reducción efectiva de la Iglesia de la Merced (2016), Manta.

Fuente: Andrei Moreno

5.20.4. Ficha de desempeño sísmico

Sismo:

- Se clasifico el sismo entre frecuente y ocasional

Daños observados:

- No presento ningún tipo de daño estructural o no estructural

Causas de daños:

- Se mantuvo estable

Desempeño:

- Siguió operando
- La Norma Ecuatoriana de la Construcción no especifica el comportamiento de una estructura especial en el caso de un sismo frecuente u ocasional, sin embargo si especifica dicho comportamiento para el caso de un sismo raro y muy raro (tabla 30). También se especifica el comportamiento de una estructura normal en la tabla 31. Mediante esas referencias, se puede inferir que no se esperan daños en estructuras especiales durante sismos frecuentes y que por lo tanto la iglesia de La Merced en Bahía de Caráquez no cumplió con el desempeño esperando por la NEC – 15 durante el sismo del 2016.

5.22. Capilla de la Medalla Milagrosa

Datos

Provincia: Manabí

Ciudad: Bahía de Caráquez

Suelo: Tipo D

Fecha de sismo: 16 de abril del 2016

5.21.1. Tipo de sismo

Para clasificar el tipo de sismo que afecto a la Capilla de la Medalla Milagrosa en el año 2016 se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta de sitio de la estación acelerográfica correspondiente para después comparar donde se encuentra con respecto a los espectros de respuesta de diseño. En base a eso se clasifico al sismo como frecuente.

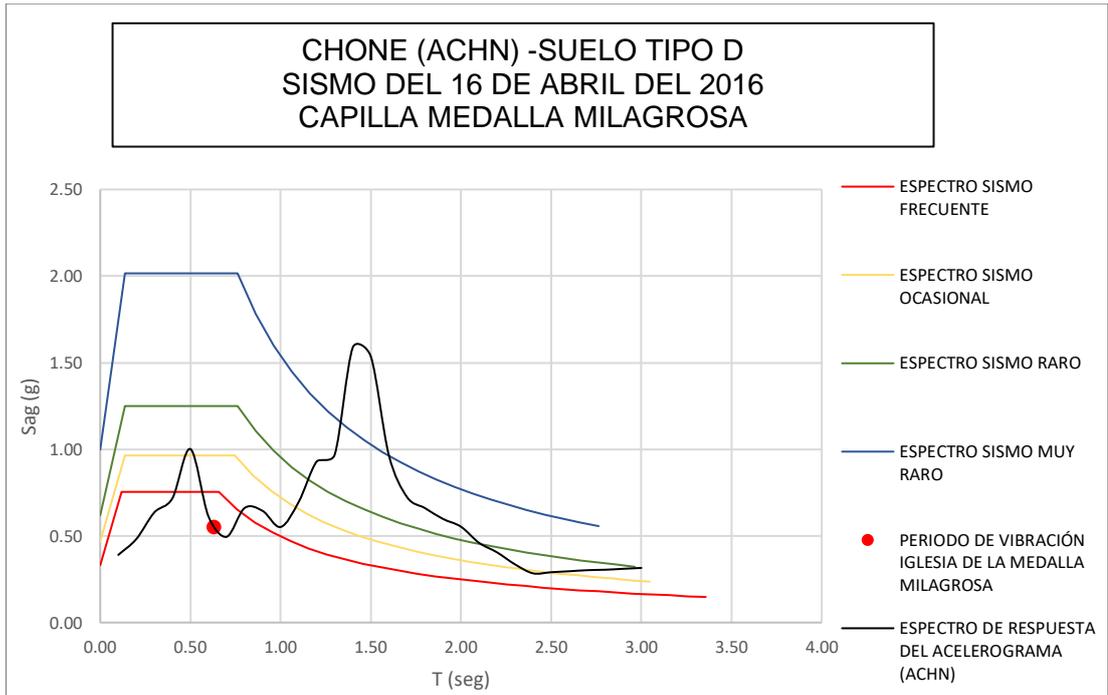


Ilustración 121 Desempeño sísmico la Capilla de la Medalla Milagrosa, Bahía de Caráquez.

Fuente: Andrei Moreno

5.21.2. Desplazamiento elástico y derivas inelástica

Se ubicó el periodo de vibración la estructura en el espectro de desplazamiento de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_d del caso de estudio como se indica en la tabla 61.



Ilustración 122 Desplazamiento de respuesta de la Capilla de la Medalla Milagrosa(2016), Bahía de Caráquez - Estación ACHN(suelo tipo D)

Fuente: Andrei Moreno

Tabla 61 Deriva de la Capilla de la Medalla Milagrosa

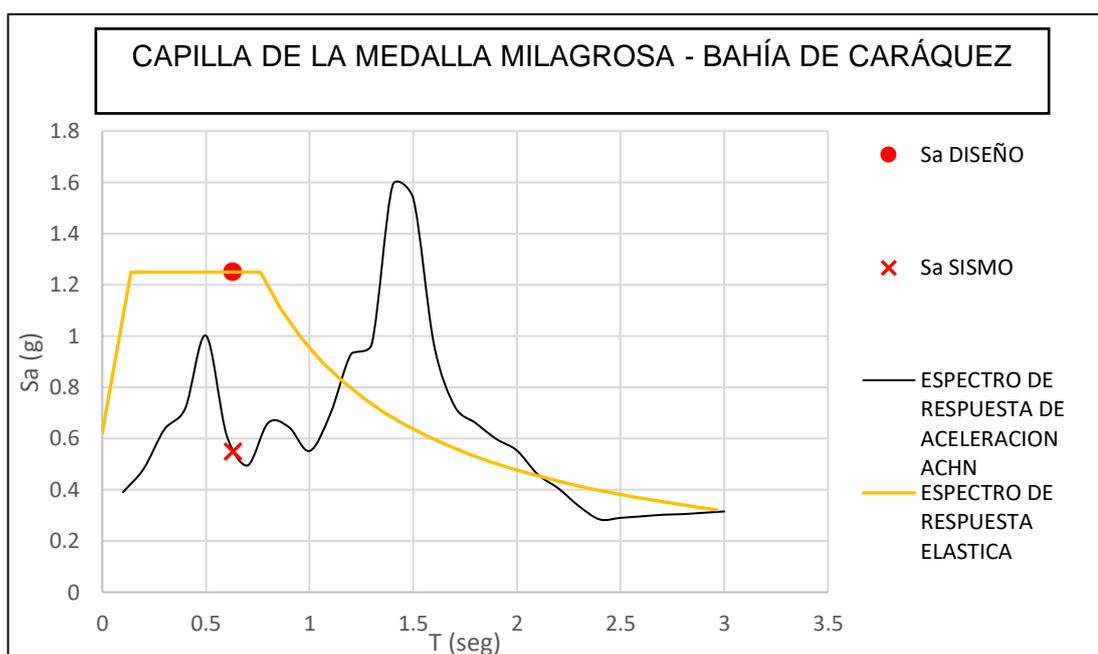
T	0,63
Sd	0,05
H	15,5
DERIVAS	
$\Delta e = Sd / H$	
Δe	0,00323
$\Delta m = 0,75 \times \Delta e$	
Δm	0,0024
$\Delta m < 0,02$	

Fuente: Andrei Moreno

Los valores máximos permitidos están establecidos en la NEC-15 y se presentan en la tabla 29, donde se expresa la deriva máxima como un porcentaje de la altura de piso. La Capilla de la Medalla Milagrosa no sobrepasa los límites por lo que se puede decir que si cumple con lo establecido.

5.21.3. Factor de reducción efectivo

Se ubicó el periodo de vibración de la estructura en el espectro de respuesta elástica de diseño para un sismo frecuente, también se lo ubico en el espectro de respuesta aceleraciones de la estación correspondiente según el tipo de suelo, mediante este proceso se encontró el valor de desplazamiento S_a de sismo y S_a de diseño, a continuación se indica en la ilustración 123.



Periodo	0,63	Tipo de suelo	D
Sa sismo	0,55	R efectivo	2,27
Sa diseño	1,25	R norma	8

Ilustración 123 Factor de reducción efectiva de la Iglesia de la Merced (2016), Manta.

Fuente: Andrei Moreno

5.21.4. Ficha de desempeño sísmico

Sismo:

- Se clasifico el sismo como frecuente

Daños observados:

- Agrietamiento de vigas y pilares laterales

Causas de daños:

- Mala practica constructiva

Desempeño:

- Siguió operando
- La Norma Ecuatoriana de la Construcción no especifica el comportamiento de una estructura especial en el caso de un sismo frecuente u ocasional, sin embargo si especifica dicho comportamiento para el caso de un sismo raro y muy raro (tabla 30). También se especifica el comportamiento de una estructura normal en la tabla 31. Mediante esas referencias, se puede inferir que no se esperan daños en estructuras especiales durante sismos frecuentes y que por lo tanto la capilla de la Medalla Milagrosa en Bahía de Caráquez no cumplió con el desempeño esperando por la NEC – 15 durante el sismo del 2016.

5.23. Resumen de los datos obtenidos

Tabla 62 Tabla de resultados obtenidos.

Nombre	Ciudad	T de la estructura (seg)	R efectivo	Derivas Δm (m)	Desempeño
La Catedral - 2016	Guayaquil	2,52	14,55	0,006	No tuvo un correcto desempeño para un sismo frecuente
Templo La Victoria - 2016	Guayaquil	1,00	3,27	0,0017	No tuvo un correcto desempeño para un sismo frecuente
Templo San Francisco - 2016	Guayaquil	0,96	3,13	0,002	No tuvo un correcto desempeño para un sismo frecuente
Iglesia San Alejo - 2016	Guayaquil	0,69	2,15	0,0154	No tuvo un correcto desempeño para un sismo frecuente
Iglesia San José - 2016	Guayaquil	0,84	2,77	0,0017	No tuvo un correcto desempeño para un sismo frecuente

Iglesia de La Merced - 2016	Guayaquil	0,42	2,18	0,0009	No tuvo un correcto desempeño para un sismo frecuente
Nuestra Señora del Rosario - 2016	Manta	0,76	2,08	0,0034	No tuvo un correcto desempeño para un sismo frecuente
Catedral La Dolorosa - 2016	Manta	0,85	2,22	0,003	No tuvo un correcto desempeño para un sismo frecuente
Iglesia de La Merced - 2016	Portoviejo	0,82	3,25	0,0027	No tuvo un correcto desempeño para un sismo frecuente
Catedral Metropolitana - 2016	Portoviejo	1,05	3,54	0,0021	No tuvo un correcto desempeño para un sismo frecuente
Iglesia de La Merced - 2016	Bahía de Caráquez	0,82	1,74	0,0038	Tuvo un correcto desempeño para un sismo frecuente
Capilla de la Medalla Milagrosa - 2016	Bahía de Caráquez	0,63	2,27	0,0024	Tuvo un correcto desempeño para un sismo frecuente
Iglesia de La Merced - 1998	Bahía de Caráquez	0,82	1,74	0,0038	No tuvo un correcto desempeño para un sismo frecuente
Capilla de la Medalla Milagrosa - 1998	Bahía de Caráquez	0,63	2,27	0,0024	No tuvo un correcto desempeño para un sismo frecuente
Iglesia de La Merced - 1998	Guayaquil	0,42	2,18	0,0009	No tuvo un correcto desempeño para un sismo frecuente

Fuente: Andrei Moreno R.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

El presente trabajo define el desempeño sísmico de las edificaciones de ocupación especial elegidas como casos de estudio durante los diferentes eventos sísmicos que han ocurrido en las provincias de Guayas y Manabí a partir de 1977, para eso se consideró el conjunto de factores presentes en cada caso puesto que cada evento sísmico puso en evidencia la falta de un sistema que sea usado para mitigar daños.

La irregularidad estructural que poseen sumado a otros factores que se presentan en muchos de los casos de estudio han provocado daños de diferente magnitud, pasando desde pequeñas grietas a daño estructural irreversible.

Hubo fallas estructurales en el 33% de los casos, y el 10% fue llevado a democión total, afortunadamente esas iglesias han sido reconstruidas contando con nueva arquitectura y diseño sismo resistente. Desplazamiento y agrietamiento de columnas, caída de mampostería y hundimiento de suelo fueron las fallas que más se presentaron, se asume que esto puede ser producido por el tipo de suelo bajo las edificaciones.

Las fallas no estructurales fueron las más comunes pues los movimientos sísmicos provocaron fisuras en todas las edificaciones y desprendimiento de escombros en algunos casos. En el sismo del 16 de abril del 2016 que es del que más información se pudo obtener, hubo pocos casos que no presentaron ningún tipo de daño, la iglesia de La Merced y la capilla de la Medalla Milagrosa, las dos ubicadas en Bahía de Caráquez. Los templos ya habían sido reconstruidos en el pasado debido a los daños recibidos en el sismo anterior del 18 de agosto de 1998, por ende se consideran como iglesias nuevas y las menos propensas a recibir daños.

Un comportamiento débil a pesar de haber cumplido con los requerimientos establecidos en la NEC – 15 es señal de que la falla se pudo presentar debido a una mala practica constructiva. Un caso claro es el de

la Iglesia de Nuestra Señora del Rosario en Manta, Provincia de Manabí; esta iglesia presentó grandes fallas estructurales lo cual la dejó inhabilitada, optando después por demolerla, al ir removiendo los escombros se pudo evidenciar el oxido que se encontraba en el interior de vigas y columnas, al parecer se usó arena de mar para la mezcla del hormigón y no fue tratada correctamente. La oxidación es una reacción química que se toma en cuenta en estructuras expuestas al agua salada o condiciones áridas donde se usan aditivos para prevenir daños en el hormigón además de otras consideraciones importantes. Al ser una iglesia su hormigón carecía dichos aditivos lo que le generó mayor desgaste y causo sus fallas estructurales a pesar de tener poca altura.

Otro punto para considerar es el periodo de vibración, según un análisis del comportamiento para los casos de estudio y los espectros de respuesta que se creo para cada uno, muchos de estos periodos coinciden con la zona de amplificación sísmica lo cual aumentan significativamente los movimientos que soportaron las estructuras ya que los picos de aceleración y movimientos sísmicos están dentro de esta zona de amplificación. Del periodo también depende el factor R, la NEC – 15 establece el valor del factor de reducción efectiva para casos especiales $R=8$, de los casos de estudio solo la Catedral de Guayaquil esta por encima de ese valor pero esto es aceptable debido a la gran altura que poseen sus torres lo cual aumenta el periodo y a su vez el R, sin embargo no se puede establecer este factor como un determinante para medir el grado de desempeño sísmico, si ese fuera caso la Catedral de Guayaquil estuviera en ante una situación critica por contar con el valor más elevado de todos los casos de estudio.

Recomendaciones

El nivel de desempeño sísmico se lo midió en base a diferentes parámetros de diseño, esto ya está establecido en la NEC – 15 pero como se pudo ver en el desarrollo del trabajo el hecho de que cumpla con las normas no significa que se garantice un correcto funcionamiento. El límite de derivas inelástica máxima es igual al 2% de la altura total de la estructura y no se excedió en ninguno de los casos, de hecho las derivas fueron mucho menores pero aún así se presentaron fallas, esto nos dice que se necesita replantear los límites reduciendo el porcentaje a rangos por debajo del 1% ya que las fallas se presentan con los movimientos y a mayor altura mayor desplazamiento.

Como las iglesias normalmente tienen torres que superan hasta con 1/3 más la altura de sus naves, se pueden prevenir daños aligerando el peso de estas ya que su forma geométrica de gran altura y base relativamente pequeña las hace más susceptibles a sufrir daños.

El factor de reducción sísmica R es alto para estos casos especiales lo cual se puede considerar como beneficioso porque en la práctica se usan mecanismos para tratar de elevar este valor así se reducen las cargas de diseño y se abaratan costos, pero las iglesias y templos son edificaciones de uso público y general, no se puede considerar un fin económico en la construcción de estas obras con lo cual la NEC – 15 debe realizar estudios para emitir un valor adecuado para el factor R , como se dijo anteriormente una iglesia cuenta con elementos de gran altura como torres y naves, y debido al año de origen estos templos no cuentan con sistemas estructurales adecuados por lo que aunque cumplieron con los códigos descritos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción no tuvieron un comportamiento adecuado y es posible que en un futuro sigan vuelvan a fallar.

Bibliografía

- El Diario. (21 de Octubre de 2016). *Segunda tragedia: La iglesia La Dolorosa fue cerrada y sin fecha para reabrir*. Obtenido de El Diario.ec website: <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/409800-segunda-tragedia-la-iglesia-la-dolorosa-fue-cerrada-y-sin-fecha-para-reabrir/>
- El Diario. (17 de Noviembre de 2016). *Comisión reporta daños graves en 22 iglesias tras el 16A*. Obtenido de El Diario.ec website: <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/412735-comision-reporta-danos-graves-en-22-iglesias-tras-el-16a/>
- El Universo. (01 de Mayo de 2019). *Daños en iglesia de La Victoria en Guayaquil alarman a fieles*. Obtenido de El Universo website: <https://www.eluniverso.com/guayaquil/2019/05/01/nota/7311074/danos-iglesia-victoria-guayaquil-alarman-fieles>
- Teleamazonas noticias . (21 de Enero de 2016). *Los terremotos históricos en la zona de Manabí desde 1906*. Obtenido de Teleamazonas website: <http://www.teleamazonas.com/2016/04/los-terremotos-historicos-la-zona-manabi-desde-1906/>
- Zambrano, J. B. (24 de Mayo de 2017). *Iglesia de Jama afectada por terremoto, casi lista*. Obtenido de El Universo website: <https://www.eluniverso.com/noticias/2017/05/24/nota/6197353/iglesia-jama-afectada-terremoto-casi-lista>
- El Universo. (6 de Septiembre de 2016). *Se repara iglesia de La Merced en Portoviejo*. Obtenido de El Universo website: <https://www.eluniverso.com/noticias/2016/09/06/nota/5785185/se-repara-iglesia-merced-portoviejo>
- El Universo . (11 de Octubre de 2016). *Seis meses durará reparación de la Catedral de Portoviejo*. Obtenido de El Universo website: <https://www.eluniverso.com/noticias/2016/10/11/nota/5848168/seis-meses-durara-reparacion-catedral-portoviejo>
- NEC. (2015). *Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente*.

- Argudo, I. J. (1999). *Proyecto Radius* . Guayaquil.
- Moreno, G. (23 de Enero de 2020). Historia de la Iglesia de la Merced. (A. Moreno, Entrevistador)
- Banda, I. M. (13 de Noviembre de 2019). Daños en las iglesias de Guayaquil. (A. Moreno, Entrevistador)
- IG-EPN. (18 de Abril de 2016). *DOS AÑOS DESPUÉS DEL TERREMOTO DE PEDERNALES: ACTUALIZACIÓN SÍSMICA*. Obtenido de Instituto Geofísico Nacional: <https://www.igepn.edu.ec/interactuamos-con-usted/1572-dos-anos-despues-del-terremoto-de-pedernales-actualizacion-sismica>
- El Telégrafo. (16 de Abril de 2017). *En Guayaquil, un puente colapsó y dos personas perdieron la vida Esta noticia ha sido publicada originalmente por Diario EL TELÉGRAFO bajo la siguiente dirección: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/guayaquil/1/en-guayaquil-un-puente-colapso-y-dos-pe>. Obtenido de eltelégrafo: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/guayaquil/1/en-guayaquil-un-puente-colapso-y-dos-personas-perdieron-la-vida>*
- IG-EPN. (5 de Agosto de 2011). *SISMO DE BAHÍA DE CARÁQUEZ: 4 DE AGOSTO DE 1998*. Obtenido de Instituto Geofísico Nacional : <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/457-sismo-de-bah%C3%ADa-de-caráquez-4-de-agosto-de-1998>
- El Diario. (7 de Octubre de 2016). *Empieza la demolición parcial de las torres de la Iglesia Catedral*. Obtenido de EIDIario.ec: <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/408408-empieza-la-demolicion-parcial-de-las-torres-de-la-iglesia-catedral/>
- GEOESTUDIOS . (2011). *ACTUALIZACIÓN DEL MAPA GEOLÓGICO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL*. Guayaquil .
- Vera-Grunauer, X. (2013). *Suelo bajo Guayaquil*. Guayaquil.

PROYECTO RADIUS . (1999). *Fichas de una muestra de edificios inspeccionados en Guayaquil*. Obtenido de PROYECTO RADIUS : <http://jaimeargudo.com/wp-content/uploads/2011/04/RADIUS-ANEXO-C-FICHAS-VULNERABILIDAD-EDIFICIOS.pdf>

Bonifaz García, H., & Haro Lescano, J. (2017). *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. Quito*.

Bravo, I. S. (21 de Enero de 2020). Daños en iglesias después del sismo del 16 de abril 2016 . (A. Moreno, Entrevistador)



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Moreno Roman, Andrei Alexander**, con C.C: # **0706627254** autor/a del trabajo de titulación: **Desempeño de edificios especiales durante sismos en Ecuador – caso de estudio: catedrales, iglesias, templos para las provincias de Guayas y 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 del 2020**

f. _____

Nombre: **Moreno Roman, Andrei Alexander**

C.C: **0706627254**



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: catedrales, iglesias, templos para las provincias de Guayas y Manabí		
AUTOR(ES)	Andrei Alexander, Moreno Roman		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Alex Raúl, Villacrés Sánchez		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	28 de febrero del 2020	No. PÁGINAS:	DE 207
ÁREAS TEMÁTICAS:	Estructura y Sísmica		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Edificaciones, estructura, vulnerabilidad, espectro de respuesta, desempeño, periodo, derivas.		

RESUMEN/ABSTRACT:

Para el siguiente trabajo de titulación se recopiló información de diferentes diarios que circulan a nivel nacional y que tengan registros de los sismos que han afectado a las provincias de Guayas y Manabí enfocándose en aquellos que mantienen su central de noticias en las zonas de estudio. De igual forma revistas, artículos nacionales e internacionales relacionados con la construcción, sitios web, informes técnicos, estudios de suelos y toda la información a la que se pudo tener acceso para corroborar los resultados presentados. Se identificó las catedrales, iglesias y templos que han presentado daños estructurales y arquitectónicos durante los diferentes sismos ocurridos en Ecuador a partir de 1977 y se creo un listado para casos de estudio. Para estos casos los sismos que más relevancia han tenido sobre sus estructuras son el del 18 de agosto de 1998 y 16 de abril del 2016. Se estudio cada caso he identifico el nivel de amenaza sísmica mediante curvas de peligro, además en base a sus periodos se pudo establecer que tipo de sismo afecto a la edificación: frecuente, ocasional, raro y muy raro. Para realizar espectros de repuesta de sitio



y diseño se uso datos obtenidos de diferentes estaciones acelerográficas distribuidas las provincias de estudio, estos espectros nos permiten conocer cuanto se desplazo cada estructura y determinar si se cumplió con lo establecido en la Norma Ecuatorial de la Construcción (NEC - 15).

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-987675583	E-mail: andrei_alexander_13@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):		