



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

**DESEMPEÑO DE EDIFICIOS ESENCIALES DURANTE SISMOS EN
ECUADOR – CASO HOSPITALES Y CLÍNICAS, CENTROS DE
SALUD O DE EMERGENCIA SANITARIA.**

AUTOR:

Rojas Calle, Pablo Fabián

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

TUTOR:

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

Guayaquil, Ecuador

13 de septiembre del 2019



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 **Rojas Calle, Pablo Fabián**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR

f. _____

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

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. _____

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

Guayaquil, 13 de septiembre del 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Rojas Calle, Pablo Fabián

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación: “**DESEMPEÑO DE EDIFICIOS ESENCIALES DURANTE SISMOS EN ECUADOR – CASO HOSPITALES Y CLÍNICAS, CENTROS DE SALUD O DE EMERGENCIA SANITARIA**”, 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, 13 de septiembre del 2019

EL AUTOR

f. _____

Rojas Calle, Pablo Fabián



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **Rojas Calle, Pablo Fabián**

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 ESENCIALES DURANTE SISMOS EN ECUADOR – CASO HOSPITALES Y CLÍNICAS, CENTROS DE SALUD O DE EMERGENCIA SANITARIA**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 13 de septiembre del 2019

EL AUTOR:

f. _____

Rojas Calle, Pablo Fabián

Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS PABLO ROJAS CALLE.pdf (D55120004)
Submitted: 8/30/2019 2:02:00 AM
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 1 %

Sources included in the report:

GALARZA_RICARDO_TRABAJO_TITULACION-ESTRUCTURAS_OCTUBRE-2017.docx (D31606504)
<https://docplayer.es/16054716-Peligro-sismico-diseno-sismo-resistente.html>
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/1112>
<http://www.ecuadorenvivo.com/sociedad/190-sociedad/45810->
<https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/1316-informe-sismico-especial-n-6fc8eba3-3be0-4365-8023-b373b26dea2f>

Instances where selected sources appear:

11

AGRADECIMIENTOS

Debo agradecer en primera instancia a Dios por todas las oportunidades que me ha dado en la vida para poder salir adelante, brindándome la fuerza necesaria para no decaer ante las diferentes dificultades presentadas en este camino y permitirme dejar a mis padres con un gran orgullo.

En segundo lugar, debo agradecer infinitamente a mis padres que siempre estuvieron prestos a ayudar en todo lo que necesitaba, dándome ánimos para poder dar lo mejor de mí en cada situación, dejando a un lado todas sus ocupaciones y sacrificándose día a día para poder darme la mejor herencia que es el estudio.

De igual forma quiero agradecer a las personas que siempre estuvieron conmigo, es decir a mis hermanos que son mi inspiración todos los días, a mis abuelitos de parte de mamá y papá que me han dado los mejores valores, enseñanzas para ser un hombre de bien y a mi novia que siempre estuvo a mi lado en diferentes situaciones para darme el ánimo necesario para sobrellevar cualquier dificultad.

También quiero agradecer a mi tutor del trabajo de titulación al Ingeniero Alex Villacrés, que tuvo la paciencia necesaria y supo guiarme de la mejor manera con sus conocimientos para llevar a cabo un excelente trabajo.

Por último, debo agradecer a mi grupo de amigos y compañeros que la vida universitaria me otorgó, ante tantas circunstancias donde hubo alegrías y penas pero que en unión supimos manejarlas y darnos el apoyo mutuo.

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico a todas las personas que conforman mi entorno, a mi familia que siempre me ha brindado todo el apoyo y cariño en cada una de las etapas por las que he cruzado, creyendo siempre en mi capacidad y sintiéndose orgullosos de todas mis metas cumplidas.

De manera muy especial este logro se lo dedico a mis padres, fuente fundamental en mi vida, que gracias a todas sus enseñanzas me encaminaron por el camino correcto para que pueda cumplir mis metas, en las cuales tengo la responsabilidad de seguir llenando de orgullo y valorar todo el sacrificio durante toda esta etapa.

Por último, se lo dedico a mis hermanos, que me brindaron todo su amor y comprensión en diferentes circunstancias, tratando de darles el mejor ejemplo posible y a la vez recalcándoles que cuando uno se proponga algo tiene que cumplirlo.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

f. _____

Ing. Alex Raúl Villacrés Sánchez, M.Sc.

TUTOR

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Stefany Esther Alcívar Bastidas M.Sc.

DIRECTORA DE CARRERA

f. _____

Ing. Guillermo Ponce Vasquez, M.Sc.

DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

Ing. José Andrés Barros Cabezas, M.Sc.

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

1	CAPÍTULO 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
2	CAPÍTULO II: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	5
2.1	Periódicos	5
2.2	Proyecto RADIUS	5
2.3	Papers	5
2.4	Informe de diarios	6
3	CAPÍTULO III: EDIFICACIONES AFECTADAS POR LOS SISMOS DE 1980, 1995, 1998 Y 2016.....	16
3.1	Sismo del 18 de Agosto de 1980.....	16
3.1.1	Hospital Valenzuela.....	17
3.1.2	Hospital Naval.....	21
3.1.3	Hospital Guayaquil.....	23
3.2	Sismo del 2 de octubre de 1995.....	26
3.2.1	Hospital José María Velasco Ibarra.....	26
3.3	Sismo del 4 de agosto de 1998	33
3.3.1	Hospital Miguel H. Alcívar.....	34
3.4	Sismo del 16 de abril del 2016	43
3.5	Estructuras afectadas en Guayaquil.....	43

3.5.1	Hospital de SOLCA.	43
3.5.2	Hospital Naval.....	46
3.6	Estructuras afectadas en Chone.....	49
3.6.1	Hospital Napoleón Dávila de Chone.....	49
3.7	Estructuras afectadas en Manta.....	54
3.7.1	Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), de Manta.	54
3.7.2	Hospital Rodríguez Zambrano.	64
3.7.3	Clínica Manta.....	70
3.7.4	Farmacia Atenas.....	74
3.7.5	Farmacia Económica.....	75
3.8	Estructuras afectadas en Bahía de Caráquez.....	76
3.8.1	Hospital Miguel H. Alcívar de Bahía de Caráquez.....	76
3.9	Estructuras afectadas en Portoviejo.....	81
3.9.1	Hospital de SOLCA.	81
3.10	Clínicas afectadas en Portoviejo.....	85
3.10.1	Clínica Santa Margarita.....	85
3.10.2	Farmacia San Gregorio de Portoviejo.....	88
3.10.3	Clínica San Antonio.....	91
4	CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA.....	94
4.1	Red de estaciones sísmicas distribuidas en Ecuador.....	95
4.2	Tipo de suelo de las estaciones de acelerógrafos.....	96
4.3	Curvas de Peligro Sísmico.....	97
4.4	Tipos de suelos para el diseño sísmico.....	102
4.5	Coefficientes de amplificación de suelo Fa, Fd, Fs.....	104
4.6	Período de Vibración de las estructuras.....	105

4.7	Espectro de respuesta elástica de diseño en aceleraciones.....	106
4.1	Espectro de respuesta elástica de diseño en desplazamientos.....	107
4.2	Límites máximos de derivas de los pisos.....	108
4.3	Estructuras de ocupación especial y esencial.....	109
4.4	Niveles de amenaza sísmica según la Norma Ecuatoriana de Construcción...	109
4.5	Desempeño sísmico de estructuras esenciales.....	109
5	CAPÍTULO V: MEMORIA DE CÁLCULO	110
5.1	Curvas de Peligro Sísmico – Guayaquil.....	110
5.2	Curvas de Peligro Sísmico – Portoviejo.....	112
5.3	Curvas de Peligro Sísmico – Tena.....	114
5.4	Espectro de respuesta elástica de diseño en aceleraciones. – Guayaquil.....	116
5.5	Espectro de respuesta elástica de diseño en aceleraciones. – Portoviejo.....	118
5.6	Espectro de respuesta elástica de diseño en aceleraciones. – Tena.....	120
5.7	Períodos de vibración de las estructuras en estudio.....	121
5.7.1	Hospital Valenzuela – Guayaquil.....	121
5.7.2	Hospital Naval – Guayaquil.....	121
5.7.3	Hospital Guayaquil – Guayaquil.....	122
5.7.4	Hospital José María Velasco Ibarra.....	122
5.7.5	Hospital Miguel H. Alcívar de Bahía de Caráquez.....	122
5.7.6	Hospital Napoleón Dávila – Chone.....	123
5.7.7	Hospital Naval – Guayaquil.....	123
5.7.8	Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social – Manta.....	123
5.7.9	Hospital Rodríguez Zambrano – Manta.....	124
5.7.10	Clínica Manta – Manta.....	124
5.7.11	Hospital Miguel H. Alcívar de Bahía de Caráquez.....	124

5.7.12	Hospital SOLCA – Portoviejo.	125
5.7.13	Clínica Santa Margarita (Bloque 1) – Portoviejo.....	125
5.7.14	Clínica Santa Margarita (Bloque 2) – Portoviejo.....	125
5.7.15	Farmacia San Gregorio – Portoviejo.....	126
5.7.16	Clínica San Antonio – Portoviejo.	126
5.8	Espectro de respuesta del acelerograma – Guayaquil	127
5.8.1	Estación: AGYE	127
5.9	Espectro de respuesta del acelerograma – Guayaquil	128
5.9.1	Estación: AGYE1.....	128
5.9.2	Estación AGYE2.....	128
5.10	Espectro de respuesta del acelerograma – Pedernales.....	129
5.10.1	Estación: APED.	129
5.11	Espectro de respuesta del acelerograma – Portoviejo	130
5.11.1	Estación: APO1.....	130
5.12	Espectro de respuesta del acelerograma – Manta.....	131
5.12.1	Estación: AMNT.	131
5.13	Espectro de respuesta del acelerograma – Manta.....	132
5.13.1	Estación: AMNT (Modificada suelo tipo B).....	132
5.14	Espectro de respuesta del acelerograma – Manta.....	133
5.14.1	Estación: AMNT (Modificada suelo tipo D).	133
5.15	Espectro de respuesta del acelerograma – Chone	134
5.15.1	Estación: ACHN.	134
5.16	Espectro de respuesta del acelerograma – Chone	135
5.16.1	Estación: ACHN (Modificada suelo tipo E).	135
6	FICHAS DE DESEMPEÑO SÍSMICO DE ESTRUCTURAS ESENCIALES.....	136

6.1.1	Derivas del Hospital Valenzuela:.....	139
6.1.2	Derivas del Hospital Naval:	142
6.1.3	Derivas del Hospital Guayaquil:	145
6.1.4	Derivas del Hospital Miguel H. Alcívar:	150
6.1.5	Derivas del Hospital Naval:	154
6.1.6	Derivas del Hospital Napoleón Dávila de Chone:	157
6.1.7	Derivas del Hospital SOLCA:.....	160
6.1.8	Derivas de la Clínica Santa Margarita bloque 2:	163
6.1.9	Derivas de la Clínica Santa Margarita bloque 1:	166
6.1.10	Derivas de la Farmacia San Gregorio:	169
6.1.11	Derivas de la Clínica San Antonio:.....	172
6.1.12	Derivas del Hospital Miguel H. Alcívar:	175
6.1.13	Derivas del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social:.....	178
6.1.14	Derivas de la Clínica Manta:.....	181
6.1.15	Derivas del Hospital Rodríguez Zambrano:.....	184
7	DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE REDUCCIÓN EFECTIVO (R):	186
7.1	Factores de reducción efectivo.	193
8	CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	194
9	BIBLIOGRAFÍA:	199

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipo de suelo del Hospital Valenzuela, obtenido de Vulnerabilidad estructural de hospitales en Guayaquil - (Argudo & Yela, 1995)	19
Tabla 2 Actualización del mapa geológico de la ciudad de Guayaquil. Fuente: GEOESTUDIOS S.A	19
Tabla 3 Tipos de suelos. NEC-15	19
Tabla 4 Hospital Valenzuela. Fichas de una muestra de edificios, extraído del PROYECTO RADIUS - (Argudo, 1999).....	20
Tabla 5 Tipo de suelo del Hospital Naval, obtenido de Vulnerabilidad estructural de hospitales en Guayaquil - (Argudo & Yela, 1995)	22
Tabla 6 Actualización del mapa geológico de la ciudad de Guayaquil Fuente: GEOESTUDIOS S.A	22
Tabla 7 Tipos de suelos NEC-15	22
Tabla 8 Tipo de suelo del Hospital Guayaquil, obtenido de Vulnerabilidad estructural de hospitales en Guayaquil - (Argudo & Yela, 1995)	24
Tabla 9 Actualización del mapa geológico de la ciudad de Guayaquil Fuente: GEOESTUDIOS S.A	24
Tabla 10 NEC-15	24
Tabla 11 Hospital Guayaquil. Fichas de una muestra de edificios. Fuente: PROYECTO RADIUS - (Argudo, 1999).....	25
Tabla 12 Tipo de suelo del Hospital Naval, obtenido de Vulnerabilidad estructural de hospitales en Guayaquil - (Argudo & Yela, 1995)	48
Tabla 13 Actualización del mapa geológico de la ciudad de Guayaquil Fuente: GEOESTUDIOS S.A	48
Tabla 14 NEC-15	48
Tabla 15 Tipo de suelo de las estaciones de acelerógrafos en Ecuador. (Fuente: 17. GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016, Muisne).....	97
Tabla 16 Parámetro Z, Guayaquil. Fuente NEC-15.....	98
Tabla 17 Peligro sísmico. (Fuente: NEC-SE-DS Peligro sísmico 2015).....	99
Tabla 18 Parámetro Z, Portoviejo. Fuente NEC-15.....	100
Tabla 19 Peligro sísmico. (Fuente: NEC-SE-DS Peligro sísmico 2015).....	101

Tabla 20 Parámetro Z, Tena. Fuente NEC-15.....	101
Tabla 21 Peligro sísmico. (Fuente: NEC-SE-DS Peligro sísmico 2015).....	102
Tabla 22 Perfiles de suelo. A-B-C. Fuente: NEC-15.....	103
Tabla 23 Perfiles de suelo. D-E-F. Fuente: NEC-15.....	103
Tabla 24 Coeficiente Fa. Fuente: NEC-15.....	104
Tabla 25 Coeficiente Fd. Fuente: NEC-15.....	104
Tabla 26 Coeficiente Fs. Fuente: NEC-15.....	105
Tabla 27 Período de Vibración de las estructuras. Fuente: NEC-15.....	105
Tabla 28 Coeficientes que define el tipo de edificación correspondiente a cada caso. Fuente: NEC-15.....	106
Tabla 29 Parámetros para el Espectro de respuesta elástica de diseño en aceleraciones. NEC-15.....	107
Tabla 30 Parámetros para Espectro de respuesta elástica de diseño en desplazamientos. NEC-15.....	108
Tabla 31 Límites máximos de derivas de los pisos. Fuente: NEC-15.....	108
Tabla 32 Niveles de amenaza sísmica. Fuente: NEC-15.....	109
Tabla 33 Desempeño sísmico de estructuras esenciales. Fuente: NEC-15.....	109
Tabla 34 Período de vibración del Hospital Valenzuela.....	121
Tabla 35 Período de vibración del Hospital Naval.....	121
Tabla 36 Período de vibración del Hospital Guayaquil.....	122
Tabla 37 Período de vibración del Hospital José María Velasco Ibarra.....	122
Tabla 38 Período de vibración del Hospital Miguel H. Alcívar de Bahía de Caráquez.....	122
Tabla 39 Período de vibración del Hospital Napoleón Dávila – Chone.....	123
Tabla 40 Período de vibración del Hospital Naval – Guayaquil.....	123
Tabla 41 Período de vibración del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social – Manta.	123
Tabla 42 Período de vibración del Hospital Rodríguez Zambrano – Manta.....	124
Tabla 43 Período de vibración del Clínica Manta – Manta.....	124
Tabla 44 Período de vibración del Hospital Miguel H. Alcívar de Bahía de Caráquez.....	124
Tabla 45 Período de vibración del Hospital SOLCA – Portoviejo.....	125
Tabla 46 Período de vibración de la Clínica Santa Margarita (Bloque 1) – Portoviejo.....	125

Tabla 47 Período de vibración de la Clínica Santa Margarita (Bloque 2) – Portoviejo.	125
Tabla 48 Período de vibración de la Farmacia San Gregorio – Portoviejo.....	126
Tabla 49 Período de vibración de la Clínica San Antonio – Portoviejo.	126
Tabla 50 Modificación de las ordenas del acelerograma (AMNT – suelo tipo B).	132
Tabla 51 Modificación de las abscisas del acelerograma (AMNT – suelo tipo B).....	132
Tabla 52 Modificación de las ordenas del acelerograma (AMNT – suelo tipo D).	133
Tabla 53 Modificación de las abscisas del acelerograma (AMNT – suelo tipo D).	133
Tabla 54 Modificación de las ordenas del acelerograma (ACHN – suelo tipo E).....	135
Tabla 55 Modificación de las abscisas del acelerograma (ACHN – suelo tipo E).	135
Tabla 56 Lista de edificaciones de ocupación esencial para el estudio del desempeño sísmico:	136
Tabla 57 Derivas del Hospital Valenzuela.....	140
Tabla 58 Derivas del Hospital Naval.	143
Tabla 59 Derivas del Hospital Guayaquil.	146
Tabla 60 Derivas del Hospital Miguel H. Alcívar.	151
Tabla 61 Derivas del Hospital Naval.	155
Tabla 62 Derivas del Hospital Napoleón Dávila de Chone	158
Tabla 63 Derivas del Hospital SOLCA - Portoviejo.....	161
Tabla 64 Derivas de la Clínica Santa Margarita (Bloque 2)	164
Tabla 65 Derivas de la Clínica Santa Margarita (Bloque 1)	167
Tabla 66 Derivas de la Farmacia San Gregorio	170
Tabla 67 Derivas de la Clínica San Antonio.....	173
Tabla 68 Derivas del Hospital Miguel H. Alcívar	176
Tabla 69 Derivas del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.....	179
Tabla 70 Derivas de la Clínica Manta.....	182
Tabla 71 Derivas del Hospital Rodríguez Zambrano.....	185
Tabla 72 Listado de los factores de reducción Efectivo.	193
Tabla 73 Tabla de resultados obtenidos	196
Tabla 74 Desempeño sísmico de las edificaciones	197

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Daños en infraestructura pública por el sismo del 16 de abril de 2016, extraída del diario Expreso 28 abril del 2016.	7
Ilustración 2 La afectación del terremoto del 16 de abril de 2016. Extraída del diario Expreso, 28 abril del 2016.	8
Ilustración 3 El Hospital del Niño no está al 100% operativo tras terremoto del 16 de abril de 2016. Extraída del diario El Universo, viernes 22 de abril de 2016.....	9
Ilustración 4 Cirugías suspendidas y hospitales en alerta debido al sismo del 16 de abril de 2016, obtenida del diario Expreso - Guayaquil 19 abril 2016.....	10
Ilustración 5 Hospital Eugenio Espejo operativo después del sismo del 16 de abril de 2016, obtenida del diario El Comercio 19 de abril de 2016.....	10
Ilustración 6 Clínica Santa Margarita de Portoviejo afectada por el sismo del 16 de abril de 2016. Extraída del diario El Universo, 1 de mayo 2016.	11
Ilustración 7 Hospital de Chone durante el sismo del 16 de abril de 2016. Extraída del diario El Universo, sábado 7 de mayo de 2016.....	12
Ilustración 8 Una veeduría revela falencias médicas en el Hospital Naval. Extraída del diario Expreso, lunes 16 de mayo de 2016.	13
Ilustración 9 Adiós inesperado para la Clínica Manta por el terremoto del 2016. Extraída del diario El Mercurio, sábado 28 de mayo de 2016.....	13
Ilustración 10 El hospital SOLCA en Manabí se encontraba brindando atención a los pacientes oncológicos que lo necesitaban. Fuente: El Diario, miércoles 20 abril 2016. .	14
Ilustración 11 Hospital SOLCA luego del terremoto del 2016. Extraída del diario Expreso, 19 septiembre 2017.	15
Ilustración 12 Clínica Santa Margarita, afectada por el sismo del 16 de abril de 2016. Extraída del periódico El Diario, viernes 27 mayo 2016.....	15
Ilustración 13 Sismo del 18 de agosto de 1980 - Guayas. Fuente: Google Maps.....	17
Ilustración 14 Hospital Valenzuela afectado por el sismo del 18 de agosto de 1980, extraído del PROYECTO RADIUS.....	18
Ilustración 15 Hospital Alfredo Valenzuela: Fisuras en vigas del pabellón de varones por el sismo de 1980. Extraído de Vulnerabilidad Estructural de Hospitales de Guayaquil..	18

Ilustración 16 Hospital Naval. Debido a su gran flexibilidad sus elementos no estructurales eran muy vulnerables. Extraído del PROYECTO RADIUS.....	21
Ilustración 17 Hospital Guayaquil, varias de sus zonas fueron afectadas con deterioros menores por el sismo de 1980. Extraído de Vulnerabilidad Estructural de Hospitales de Guayaquil.	23
Ilustración 18 Sismo del 2 de octubre de 1995. (Google Maps).....	26
Ilustración 19 Fachada Este, pabellón de consulta externa. Fuente: Diseño del reforzamiento José María Velazco Ibarra de la ciudad de Tena.	27
Ilustración 20 Fachada Sudeste, vista de bloques en L y bloque principal. Fuente: Diseño del reforzamiento José María Velazco Ibarra de la ciudad de Tena, Ecuador.	32
Ilustración 21 Fachadas Norte y Este, los pequeños daños se concentraron en los niveles de planta baja y primer piso. Fuente: Evaluación de los daños del hospital Miguel H. Alcívar.	32
Ilustración 22 Sismo 4 de agosto de 1998. Fuente: Google Maps	33
Ilustración 23 Ubicación del Hospital Miguel H. Alcívar (Google Maps).....	34
Ilustración 24 Hospital Miguel H. Alcívar. Daños en los elementos construidos en la junta entre el bloque principal de 5 pisos y el bloque de Consulta Externa. Fuente: Evaluación de los daños del hospital Miguel H. Alcívar.	35
Ilustración 25 Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez ciudades afectadas por el sismo del 16 abril del 2016. Hugo Bonifaz García - Juan Haro Lescano.	36
Ilustración 26 Hospital de Bahía durante el sismo del 4 de agosto de 1998 , extraído de Evaluación de los daños del hospital Miguel H. Alcívar.	37
Ilustración 27 Hospital Miguel H. Alcívar, columnas perimetrales de planta baja que colapsó. Extraído de Evaluación de los daños del hospital Miguel H. Alcívar.	38
Ilustración 28 Hospital Miguel H. Alcívar: Choque entre la escalera de emergencia y el edificio. Fuente: Evaluación de los daños del hospital Miguel H. Alcívar.	38
Ilustración 29 Hospital Miguel H. Alcívar, mala práctica en la fundición de columnas. Extraído de Evaluación de los daños del hospital Miguel H. Alcívar.	39
Ilustración 30 Hospital Miguel H. Alcívar, efectos de la interacción del suelo con la estructura. Fuente: Evaluación de los daños del hospital Miguel H. Alcívar.	40

Ilustración 31 Hospital Miguel H. Alcívar Daños producidos en la estructura y pisos de la escalera de emergencia, extraído de Evaluación de los daños del hospital Miguel H. Alcívar.....	40
Ilustración 32 Hospital Miguel H. Alcívar, el personal del hospital laboraba al aire libre. Extraído de Evaluación de los daños del hospital Miguel H. Alcívar.	42
Ilustración 33 Hospital SOLCA después del sismo del 16 de abril de 2016, extraído del Canal oficial Teamazonas, 2016	44
Ilustración 34 Hospital SOLCA. Se observó fisuras en sus paredes, extraído del Canal oficial Teamazonas., 2016.....	44
Ilustración 35 Hospital SOLCA. Personal parcialmente evacuado tras el sismo del 16 de abril del 2016, extraído del Canal oficial Teamazonas., 2016.	45
Ilustración 36 Hospital SOLCA. Fisuras en las paredes de la edificación, extraído del Canal oficial Teamazonas., 2016.	45
Ilustración 37 Hospital Naval. Daños registrados en el interior de la edificación por el sismo del 16 de abril de 2016, extraído del diario El Universo, 2016.	46
Ilustración 38 Hospital Naval fue evacuado a consecuencia del sismo del 16 de abril de 2016. Extraído del diario El Universo, 2016.	47
Ilustración 39 Ubicación del Hospital Napoleón Dávila. (Google Maps)	49
Ilustración 40 Hospital Napoleón Dávila de Chone. Daños estructurales en sus Bloques por el sismo del 16 de abril de 2016. Fuente: Ing. Alex Villacrés 2016/04/30.....	50
Ilustración 41 Hospital Napoleón Dávila de Chone. Daños estructurales debido al efecto de sitio, extraído del Informe geotécnico final hospital Napoleón Dávila.....	51
Ilustración 42 Hospital Napoleón Dávila de Chone. Bloque más afectado, obtenido del Ing. Alex Villacrés 2016/04/30.	51
Ilustración 43 Hospital Napoleón Dávila de Chone, demolición del hospital. Obtenido del Ing. Alex Villacrés 2016/04/30.	52
Ilustración 44 Hospital Napoleón Dávila de Chone. Demolición de su estructura. Obtenido del Ing. Alex Villacrés 2016/04/30.	52
Ilustración 45 Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez ciudades afectadas por el sismo del 16 abril del 2016. Hugo Bonifaz García - Juan Haro Lescano.	55

Ilustración 46 Ubicación del IESS de Manta. Fuente: Google Maps.	56
Ilustración 47 IESS de Manta durante el sismo del 16 de abril del 2016. Fuente: Ing. Alex Villacrés, 2016/04/28.	56
Ilustración 48 IESS de Manta. Edificación con marcos de concretos resistentes al momento afectado por el sismo del 2016 . Fuente: Ing. Alex Villacrés, 2016/04/28.	57
Ilustración 49 IESS de Manta. Vidrios rotos a consecuencia del sismo del 16 de abril de 2016. Fuente: Ing. Alex Villacrés, 2016/04/28.	57
Ilustración 50 IESS de Manta. Escalera dañada y con escombros. Fuente: Ing. Alex Villacrés, 2016/04/28.	58
Ilustración 51 IESS de Manta. Ductos caídos en la edificación, extraído de informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.	58
Ilustración 52 IESS de Manta. Equipos de calefacción, ventilación y aire acondicionado estaban mal anclados, extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE, April 16th 2016.	59
Ilustración 53 IESS de Manta. Equipo mobiliario desplazado debido a un mal anclaje extraído del informe GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.	59
Ilustración 54 IESS de Manta, se observa exposición de barras de refuerzo y la presencia de juntas frías en las vigas, extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.	60
Ilustración 55 IESS de Manta. Se observa daños encima de las columnas en el bloque de 2 pisos del hospital. (Fuente: GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.	61
Ilustración 56 IESS de Manta. Grietas en las juntas de viga-columna en el piso 2 del bloque de 5 pisos, extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016, Muisne.	61
Ilustración 57 IESS de Manta. Aparición de ladrillos de hormigón que fueron utilizados en la fachada del hospital, extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.	62

Ilustración 58 IESS de Manta. Las paredes no tenían una altura completa ni están apoyadas horizontalmente, extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.	62
Ilustración 59 IESS de Manta. Ductos, tuberías y techos desprendidos extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.	63
Ilustración 60 Ubicación del Hospital Rodríguez Zambrano. (Google Maps)	64
Ilustración 61 Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez ciudades afectadas por el sismo del 16 abril del 2016. Hugo Bonifaz García - Juan Haro Lescano.	65
Ilustración 62 Hospital Rodríguez Zambrano de Manta, extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.	66
Ilustración 63 Hospital Rodríguez Zambrano. La estructura se encontraba en buena condición. Fuente: Ing. Alex Villacrés 2016/04/28.	66
Ilustración 64 Hospital Rodríguez Zambrano. Grietas de tensión cruzada en paredes interiores, extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.	67
Ilustración 65 Hospital Rodríguez Zambrano de Manta. Grietas en paredes del hospital. Fuente: Ing. Alex Villacrés 2016/04/28	67
Ilustración 66 Hospital Rodríguez Zambrano de Manta. Revestimiento de las paredes interiores estaba compuesto de arcilla hueca, extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.	68
Ilustración 67 Hospital Rodríguez Zambrano de Manta. Se observan que esta área solía tener paredes no estructurales que se cayeron durante el sismo. (Fuente: GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.	68
Ilustración 68 Hospital Rodríguez Zambrano. Equipamiento médico, extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.	69
Ilustración 69 Ubicación de la Clínica Manta. Fuente: Google Maps.	70
Ilustración 70 Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez ciudades afectadas por el sismo del 16 abril del 2016. Hugo Bonifaz García - Juan Haro Lescano.	71

Ilustración 71 Clínica Manta. Edificación no operativa luego del sismo del 16 de abril de 2016. Fuente: Ing. Alex Villacrés 2016/05/08.....	72
Ilustración 72 Clínica Manta, severamente dañada por el sismo del 2016. Fuente: Ing. Alex Villacrés 2016/05/08	72
Ilustración 73 Clínica Manta fue demolida a consecuencia del sismo del 16 de abril del 2016. Fuente: Ing. Alex Villacrés 2016/05/08.....	73
Ilustración 74 Farmacia Atenas, grietas en planta baja debido al sismo del 16 abril de 2016. Fuente: Ing. Alex Villacrés 2016/04/29.....	74
Ilustración 75 Farmacia Atenas. Desprendimiento en paredes, debido al sismo del 16 abril de 2016. Fuente: Ing. Alex Villacrés 2016/04/29	74
Ilustración 76 Farmacia Económica. Daños especialmente en la planta baja. Extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016...	75
Ilustración 77 Farmacia Económica. Desprendimiento en la parte inferior de columnas. Extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.....	75
Ilustración 78 Hospital Miguel H. Alcívar. Daños estructurales y no estructurales ocasionados por el sismo de 1998. Extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.....	76
Ilustración 79 Hospital Miguel H. Alcívar. Extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.....	77
Ilustración 80 Hospital Miguel H. Alcívar, daños a nivel del suelo. Extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.	77
Ilustración 81 Ubicación del Hospital Miguel H. Alcívar (Google Mpas).....	78
Ilustración 82 Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez ciudades afectadas por el sismo del 16 abril del 2016. Hugo Bonifaz García - Juan Haro Lescano.	79
Ilustración 83 Hospital Miguel H. Alcívar. Demolición del hospital. Fuente: Ing. Alex Villacrés 2017/04/30.....	80
Ilustración 84 Ubicación del Hospital de SOLCA. (Google Maps).....	81

Ilustración 85 Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez ciudades afectadas por el sismo del 16 abril del 2016. Hugo Bonifaz García - Juan Haro Lescano.	82
Ilustración 86 Hospital Solca, Portoviejo. Fisuras en las paredes de la instalación médica por el sismo del 16 de abril de 2016. Fuente: Ing. Alex Villacrés 2016/06/02.....	83
Ilustración 87 Hospital Solca, Portoviejo. Desprendimiento en paredes por el sismo del 16 de abril de 2016. Extraído del diario El Diario, Grupo Ediasa S.A, 2016	83
Ilustración 88 Hospital SOLCA, Portoviejo. Instalación médica inhabilitada un 75%. Extraído del Canal Oficial Ecuavisa 21/04/2016.	84
Ilustración 89 Ubicación Clínica Santa Margarita. (Google Maps).....	85
Ilustración 90 Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez ciudades afectadas por el sismo del 16 abril del 2016. Hugo Bonifaz García - Juan Haro Lescano.	86
Ilustración 91 Clínica Santa Margarita. Fuente: Loaiza Tacury, Jefferson Ronald - 13 de marzo del 2018.....	87
Ilustración 92 Ubicación de la farmacia San Gregorio.(Google Maps).....	88
Ilustración 93 Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez ciudades afectadas por el sismo del 16 abril del 2016. Hugo Bonifaz García - Juan Haro Lescano.	89
Ilustración 94 Extraído del Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016. Enero 2016.	90
Ilustración 95 Extraído del Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016. Enero 2016.	90
Ilustración 96 Ubicación de la Clínica San Antonio. (Google Maps).....	91
Ilustración 97 Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez ciudades afectadas por el sismo del 16 abril del 2016. Hugo Bonifaz García - Juan Haro Lescano.	92
Ilustración 98 Extraído del Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016. Enero 2016.	93
Ilustración 99 Extraído del Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016. Enero 2016.	93

Ilustración 100 Distribución espacial de las estaciones de la Red Nacional de Acelerógrafos, extraído del Instituto Geofísico.	95
Ilustración 101 Acelerogramas del terremoto de las 18h58 (TL) del 16 de abril del 2016 ordenados con respecto a la distancia epicentral, extraído del Instituto Geofísico.....	96
Ilustración 102 Curvas de Peligro Sísmico – Guayaquil. (Fuente: NEC-SE-DS Peligro sísmico 2015)	97
Ilustración 103 Zonas sísmicas del Ecuador - valor del factor Z. (Fuente: NEC – 15) ...	98
Ilustración 104 Curvas de Peligro Sísmico – Portoviejo. (Fuente: NEC-SE-DS Peligro sísmico 2015)	99
Ilustración 105 Zonas sísmicas del Ecuador - valor del Factor Z. (Fuente: NEC – 15)	100
Ilustración 106 Curvas de Peligro Sísmico – Tena. (Fuente: NEC-SE-DS Peligro sísmico 2015)	101
Ilustración 107 Zonas sísmicas del Ecuador - valor del Factor Z. (Fuente: NEC – 15)	102
Ilustración 108 Espectro de respuesta elástica de diseño en aceleraciones. Fuente: NEC-15.....	106
Ilustración 109 Espectro de respuesta elástica de diseño en desplazamientos. NEC-15	108
Ilustración 110 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo frecuente, Guayaquil suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle	110
Ilustración 111 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo ocasional, Guayaquil suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle	110
Ilustración 112 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo raro, Guayaquil suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	111
Ilustración 113 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo muy raro, Guayaquil suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle	111
Ilustración 114 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo frecuente, Portoviejo suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle	112
Ilustración 115 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo ocasional, Portoviejo suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle	112
Ilustración 116 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo raro, Portoviejo suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	113

Ilustración 117 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo muy raro, Portoviejo suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle	113
Ilustración 118 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo frecuente, Tena suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	114
Ilustración 119 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo ocasional, Tena suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	114
Ilustración 120 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo raro, Tena suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	115
Ilustración 121 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo muy raro, Tena suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	115
Ilustración 122 Espectros de respuesta elástica, Guayaquil suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle.	116
Ilustración 123 Espectros de respuesta elástica, Guayaquil suelo tipo D. Realizado por: Pablo Rojas Calle.	116
Ilustración 124 Espectros de respuesta elástica, Guayaquil suelo tipo E. Realizado por: Pablo Rojas Calle.	117
Ilustración 125 Espectros de respuesta elástica, Portoviejo suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle.	118
Ilustración 126 Espectros de respuesta elástica, Portoviejo suelo tipo D. Realizado por: Pablo Rojas Calle.	118
Ilustración 127 Espectros de respuesta elástica, Portoviejo suelo tipo C. Realizado por: Pablo Rojas Calle.	119
Ilustración 128 Espectros de respuesta elástica, Portoviejo suelo tipo E. Realizado por: Pablo Rojas Calle.	119
Ilustración 129 Espectros de respuesta elástica, Tena suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle.	120
Ilustración 130 Espectros de respuesta elástica, Tena suelo tipo C. Realizado por: Pablo Rojas Calle.	120
Ilustración 131 Estación AGYE (N-S) - suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle	127

Ilustración 132 Estación AGYE (E-O) - suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle	127
Ilustración 133 Estación AGYE1 – suelo tipo E. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	128
Ilustración 134 Estación AGYE2 – suelo tipo E. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	128
Ilustración 135 Estación APED (N-S) – suelo tipo D. Realizado por: Pablo Rojas Calle	129
Ilustración 136 Estación APED (E-O) – suelo tipo D. Realizado por: Pablo Rojas Calle	129
Ilustración 137 Estación APO1 (N-S) – suelo tipo D. Realizado por: Pablo Rojas Calle	130
Ilustración 138 Estación APO1 (E-O) – suelo tipo D. Realizado por: Pablo Rojas Calle	130
Ilustración 139 Estación AMNT (N-S) – suelo tipo C. Realizado por: Pablo Rojas Calle	131
Ilustración 140 Estación AMNT (E-O) – suelo tipo C. Realizado por: Pablo Rojas Calle	131
Ilustración 141 Estación AMNT – suelo tipo B (modificado). Realizado por: Pablo Rojas Calle	132
Ilustración 142 Estación AMNT – suelo tipo D (modificado). Realizado por: Pablo Rojas Calle	133
Ilustración 143 Estación ACHN (N-S) – suelo tipo D. Realizado por: Pablo Rojas Calle	134
Ilustración 144 Estación ACHN (E-O) – suelo tipo D. Realizado por: Pablo Rojas Calle	134
Ilustración 145 Estación ACHN – suelo tipo E (Modificado). Realizado por: Pablo Rojas Calle	135
Ilustración 146 Ficha de desempeño sísmico del Hospital Valenzuela Realizado por: Pablo Rojas Calle	138
Ilustración 147 Desplazamiento de respuesta AGYE para el Hospital Valenzuela. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	139

Ilustración 148 Ficha de desempeño sísmico del Hospital Naval. Realizado por: Pablo Rojas Calle	141
Ilustración 149 Desplazamiento de respuesta AGYE1 para el Hospital Naval. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	142
Ilustración 150 Ficha de desempeño sísmico del Hospital Guayaquil. Realizado por: Pablo Rojas Calle	144
Ilustración 151 Desplazamiento de respuesta AGYE1 para el Hospital Guayaquil. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	145
Ilustración 152 Ficha de desempeño sísmico del Hospital Miguel H. Alcívar. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	149
Ilustración 153 Desplazamiento de respuesta APO1 para el Hospital Miguel H. Alcívar. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	150
Ilustración 154 Fichas de desempeño sísmico del Hospital Naval. Realizado por: Pablo Rojas Calle	153
Ilustración 155 Desplazamiento de respuesta AGYE1 para el Hospital Naval del 2016. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	154
Ilustración 156 Fichas de desempeño sísmico del Hospital Napoleón Dávila de Chone. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	156
Ilustración 157 Desplazamiento de respuesta ACHN para el Hospital Napoleón Dávila de Chone. Realizado por: Pablo Rojas Calle	157
Ilustración 158 Fichas de desempeño sísmico del Hospital SOLCA – Portoviejo. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	159
Ilustración 159 Desplazamiento de respuesta APO1 para el Hospital SOLCA - Portoviejo. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	160
Ilustración 160 Fichas de desempeño sísmico de la Clínica Santa Margarita (Bloque 2). Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	162
Ilustración 161 Desplazamiento de respuesta APO1 para la Clínica Santa Margarita (Bloque 2). Realizado por: Pablo Rojas Calle	163
Ilustración 162 Fichas de desempeño sísmico de la Clínica Santa Margarita (Bloque 1). Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	165

Ilustración 163 Desplazamiento de respuesta APO1 para la Clínica Santa Margarita (Bloque 1). Realizado por: Pablo Rojas Calle	166
Ilustración 164 Ficha de desempeño sísmico de la Farmacia San Gregorio. Realizado por: Pablo Rojas Calle	168
Ilustración 165 Desplazamiento de respuesta APO1 para la Farmacia San Gregorio. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	169
Ilustración 166 Ficha de desempeño sísmico de la Clínica San Antonio. Realizado por: Pablo Rojas Calle	171
Ilustración 167 Desplazamiento de respuesta APO1 para la Clínica San Antonio. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	172
Ilustración 168 Ficha de desempeño sísmico del Hospital Miguel H. Alcívar. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	174
Ilustración 169 Desplazamiento de respuesta APO1 para el Hospital Miguel H. Alcívar. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	175
Ilustración 170 Ficha de desempeño sísmico del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	177
Ilustración 171 Desplazamiento de respuesta AMNT para el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. Realizado por: Pablo Rojas Calle	178
Ilustración 172 Ficha de desempeño sísmico de la Clínica Manta. Realizado por: Pablo Rojas Calle	180
Ilustración 173 Desplazamiento de respuesta AMNT para la Clínica Manta. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	181
Ilustración 174 Ficha de desempeño sísmico del Hospital Rodríguez Zambrano. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	183
Ilustración 175 Desplazamiento de respuesta AMNT para el Hospital Rodríguez Zambrano. Realizado por: Pablo Rojas Calle	184
Ilustración 176 Factor de reducción efectivo del Hospital Valenzuela. Realizado por: Pablo Rojas Calle	186
Ilustración 177 Factor de reducción efectivo del Hospital Guayaquil. Realizado por: Pablo Rojas Calle	186

Ilustración 178 Factor de reducción efectivo del Hospital Naval. Realizado por: Pablo Rojas Calle	187
Ilustración 179 Factor de reducción efectivo del Hospital Miguel H. Alcívar. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	187
Ilustración 180 Factor de reducción efectivo del Hospital Napoleón Dávila. Realizado por: Pablo Rojas Calle	188
Ilustración 181 Factor de reducción efectivo del Hospital SOLCA. Realizado por: Pablo Rojas Calle	188
Ilustración 182 Factor de reducción efectivo de la clínica Santa Margarita (bloque 2). Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	189
Ilustración 183 Factor de reducción efectivo de la clínica Santa Margarita (bloque 1). Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	189
Ilustración 184 Factor de reducción efectivo de la farmacia San Gregorio. Realizado por: Pablo Rojas Calle	190
Ilustración 185 Factor de reducción efectivo de la clínica San Antonio. Realizado por: Pablo Rojas Calle	190
Ilustración 186 Factor de reducción efectivo del Hospital Miguel H. Alcívar. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	191
Ilustración 187 Factor de reducción efectivo del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	191
Ilustración 188 Factor de reducción efectivo de la Clínica Manta Realizado por: Pablo Rojas Calle	192
Ilustración 189 Factor de reducción efectivo del Hospital Rodríguez Zambrano. Realizado por: Pablo Rojas Calle.....	192

RESUMEN

El trabajo de titulación tiene como objetivo determinar el desempeño de edificios esenciales durante sismos en Ecuador a partir de 1977, centrado en hospitales, clínicas o centros de salud, ya que muchas estructuras de esta índole han sufrido de daños leves a moderados en los diferentes sismos, donde se expondrá los factores más críticos que afectaron a su comportamiento sísmico. De tal manera que el análisis de los diferentes sismos ocurridos en Ecuador comenzó con una recopilación de información para identificar las edificaciones esenciales durante los sismos de 1980, 1995, 1998 y 2016, por medio de estudios de vulnerabilidad, entrevistas, periódicos y estudios realizados por diferentes profesionales, donde se evidencia los daños y factores de vulnerabilidad. Además, se determinó el tipo de suelo sobre el que se encontraban las edificaciones para poder elaborar los espectros correspondientes tanto de Curvas de Peligro Sísmico para determinar el PGA en roca, como los espectros de respuesta elástica de diseño en aceleración. Luego fue necesario determinar tanto las derivas como el período de vibración de las diferentes estructuras seleccionadas para que conjuntamente con los registros obtenidos de las estaciones de acelerógrafos de las distintas ciudades, analizar qué tipo de sismo ocurrió en el sitio en estudio para cada caso, con la finalidad de determinar su desempeño sísmico de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Construcción. Finalmente se calculó el factor de reducción efectivo a través de los espectros de respuesta de diseño en aceleraciones y los espectros de respuesta de las estaciones.

Palabras Clave: Sismo, Factores de vulnerabilidad, Espectros de respuesta, Derivas, Período de vibración, Acelerógrafos, Factor de reducción.

ABSTRACT

The titling work aims to determine the performance of essential buildings during earthquakes in Ecuador from 1977, focused on hospitals, clinics or health centers, since many such structures have suffered from mild to moderate damage to different earthquakes. , where the most critical factors that affected their seismic behavior will be exposed. Thus, the analysis of the different earthquakes that occurred in Ecuador began with a collection of information to identify the essential buildings during the earthquakes of 1980, 1995, 1998 and 2016, through vulnerability studies, interviews, newspapers and studies carried out by different professionals, where damage and vulnerability factors are evidenced. In addition, the type of soil on which the buildings were located was determined in order to prepare the corresponding spectra of both Seismic Hazard Curves to determine the PGA in rock, as well as the elastic response spectra of accelerated design. Then it was necessary to determine both the drifts and the period of vibration of the different structures selected so that together with the records obtained from the accelerometer stations of the different cities, analyze what type of earthquake occurred on the site under study for each case, with The purpose of determining its seismic performance according to the Ecuadorian Construction Standard. Finally, the effective reduction factor was calculated through acceleration design response spectra and station response spectra.

Key words: Earthquake, Vulnerability factors, Response spectra, Drifts, Vibration period, Accelerators, Reduction factor.

1 CAPÍTULO 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 esenciales, entre ellas se consideran los hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria.

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

No obstante, durante los sismos ocurridos después de la aparición del Código Ecuatoriano de la Construcción de 1977, se pudo observar numerosos casos de edificaciones de hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria, 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 fueron demolidos 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.

Debido a la aparición de diversos sismos que afectaron a Ecuador a partir de 1977, muchas edificaciones esenciales como hospitales, clínicas, centros de salud o emergencia sanitaria resultaron con daños leves a severos que ocasionaron que sus instalaciones en algunos casos queden fuera de operación, lo cual afectó a la comunidad.

Por ende, se propone estudiar las causas del comportamiento que experimentaron las estructuras esenciales durante sismos en el Ecuador, a fin de proponer mejoras a las normas para el diseño y construcción sismo-resistente.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general.

Definir si el desempeño de hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria, 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 esenciales 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 esenciales durante sismos frecuentes, ocasionales o raros.

1.4 Alcance

Para cada caso de edificio en estudio se determinará el nivel de frecuencia y amenaza sísmica (frecuente, ocasional, raro o muy raro), lo que conlleva un análisis del tipo de suelo de cimentación y las características de los movimientos del suelo y de los edificios durante los sismos.

Además, se determinará el factor de reducción efectivo de la respuesta elástica, es decir la 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. Dentro de lo cual se obtendrá el nivel de deriva elástica o inelástica, que es obtenida a partir del espectro de desplazamiento elástico del sismo real.

Finalmente, se determinará si los edificios cumplieron con el nivel de desempeño especificado por las normas y se propondrá recomendaciones para mejorar el desempeño de las estructuras en futuros sismos.

1.5 Metodología

Recopilación de información existente sobre hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria, que hayan sufrido daños durante los sismos ocurridos en el Ecuador a partir de 1977, por medio de fuentes como informes técnicos de evaluación, inspecciones, diarios o visitas técnicas en las áreas afectadas.

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.

De igual forma 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). En algunos casos se determinó el tipo de suelo por medio de la utilización del documento de Escuela Superior Politécnica del Ejército-ESPE “Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez, ciudades afectadas por el sismo del 16 abril del 2016”.

Como también se obtendrán los acelerogramas y los espectros de respuesta de los movimientos del suelo durante los sismos, para las ubicaciones de las edificaciones analizadas.

2 CAPÍTULO II: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Desarrollo del tema:

Para la presente investigación se recopiló información sobre los sismos que han afectado a Ecuador a partir de 1977, en donde se determinó que edificaciones esenciales como hospitales, clínicas, centros de salud o emergencia sanitaria resultaron afectadas a consecuencia de los eventos sísmicos en diferentes ciudades del país.

La recopilación de información se realizó por medio de estudios de vulnerabilidad estructural, reportes de diarios, proyecto RADIUS y estudios de las diferentes edificaciones afectadas.

2.1 Periódicos

Para la investigación se usaron como medio de información los periódicos, tales como El Universo, El Mercurio, El Diario, El Telégrafo, EL Comercio, entre otros, para recopilar datos de edificaciones dañadas a causa de los sismos ocurridos en Ecuador a partir de 1977.

2.2 Proyecto RADIUS

El proyecto RADIUS es uno de los medios más importantes de recopilación de información. Este proyecto fue dirigido por Jaime Argudo, Ph. D, P.E. (Tx) en 1999, cuya finalidad era exponer los daños ocurridos en distintas edificaciones en Ecuador que correspondían a diferentes usos de importancia de los sismos como en 1942, 1980, 1998.

2.3 Papers

Se recopiló información para los distintos sismos ocurridos en Ecuador a partir de 1977 como el informe técnico evaluativo de los daños producidos por el sismo del 2 de octubre de 1995 y el sismo del 4 de agosto de 1998 por el ingeniero Jaime Argudo. De la misma forma se utilizó el estudio de Vulnerabilidad Estructural de Hospitales de Guayaquil-Ecuador donde se clasifican los hospitales con los tipos de suelo en donde se encontraban asentados, además expone tablas que señalan la vulnerabilidad de las edificaciones y los categorizan.

De igual manera, se extrajo información del informe del GEER-ATC del sismo del 16 de abril del 2016 elaborado Sissy Nikolaou (WSP | Parsons Brinckerhoff) y Xavier Vera-Grunauer (Universidad Católica de Guayaquil, Geoestudios) donde exponen los daños de las edificaciones esenciales en diferentes localidades del país.

Por otra parte, para la determinación del tipo de suelo en edificaciones de poca información pública se utilizó el trabajo de tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez ciudades afectadas por el sismo del 16 abril del 2016 elaborado por Hugo Bonifaz García (Docente – Investigador) y Juan Haro Lescano (Investigador – Colaborador) como guía para la aplicación del estudio de desempeño de edificios esenciales durante sismos ocurridos en Ecuador, caso hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria.

2.4 Informe de diarios

Riesgo de colapso en edificios a falta de control antisísmico. El Universo, domingo 7 de marzo del 2010.

El diario El Universo el 7 de marzo reportó que tanto los hospitales, establecimientos educativos, edificaciones antiguas y sobre todo la construcción informal se encontraban entre los inmuebles con alto grado de vulnerabilidad a falta de estudios técnicos de riesgos sísmicos.

Por tal motivo una inspección realizada en el hospital Abel Gilbert Pontón, en el suburbio de Guayaquil, determinaba un alto índice de vulnerabilidad en la edificación, señalando también que la estructura tenía 36 años de construcción. Además una inspección realizada el año pasado de la fecha expuesta determinaba que el área de fisioterapia está entre las partes más vulnerables donde hubo un asentamiento. Por ende se consideraba necesario, entre otras medidas, cambiar todos los vidrios, celosías y lo más importante reforzar la estructura del hospital. (el Universo, 2010)

Los servicios públicos tienen que reorganizarse. Diario Expreso, jueves 28 de abril del 2016

El diario Expreso el 28 de abril reportó el nivel de catástrofe que provocó el sismo en pedernales en la infraestructura pública, en las cuales se realizaron inspecciones técnicas a diferentes edificaciones con la finalidad de una reorganización para los servicios de salud, educación, policiales y municipales en las zonas más afectadas de las provincias de Manabí y Esmeraldas.

Además, indicaban que los informes definitivos de los daños daban una afectación mayor en trece hospitales, en los cuales algunos de ellos laboraban al aire libre (ver ilustración 1), como también una docena de unidades policiales, centenas de centros educativos y cientos de kilómetros de redes de distribución de agua potable. (Expreso, 2016a)



Ilustración 1 Daños en infraestructura pública por el sismo del 16 de abril de 2016, extraída del diario Expreso 28 abril del 2016.

La afectación del terremoto. Diario Expreso, jueves 28 de abril del 2016

El Expreso el 28 de abril reportó que, lo que comprende a los establecimientos de salud, era demoler tres hospitales: dos del Ministerio de Salud como Chone y Bahía, como también uno en Manta, el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. Además indicaban que en esos lugares actuaban hospitales móviles. Por último en el caso de Chone, la primera decisión era que se harían cambios emergentes en un gran centro de salud para que funcione como hospital hasta que se construya uno nuevo. (Diario Expreso, 2016)

En la ilustración 2 se observa los daños que sufrieron algunos hospitales en diferentes ciudades del Ecuador.

- **Hospital Delfina Torres Concha (Esmeraldas)** : El hospital resultó con algunas paredes derrumbadas.
- **Hospital Napoleón Dávila Córdova (Chone)**: El hospital sufrió severas afectaciones, fue demolido.
- **Hospital Miguel Hilario Alcívar (Bahía)**: Edificación destruida a causa del sismo del 16 de abril de 2016, fue demolido.
- **Hospital Rodríguez Zambrano (Manta)**: El hospital resultó con fisuras y grietas en sus paredes.
- **Hospital del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social de Manta**: Edificación destruida, fue demolido.
- **Hospital Verdi Cevallos (Portoviejo)**: Edificación sufrió afectaciones en infraestructura, presentaban fisuras en paredes.
- **Centro de salud en Tosagua**: El centro de salud colapsó

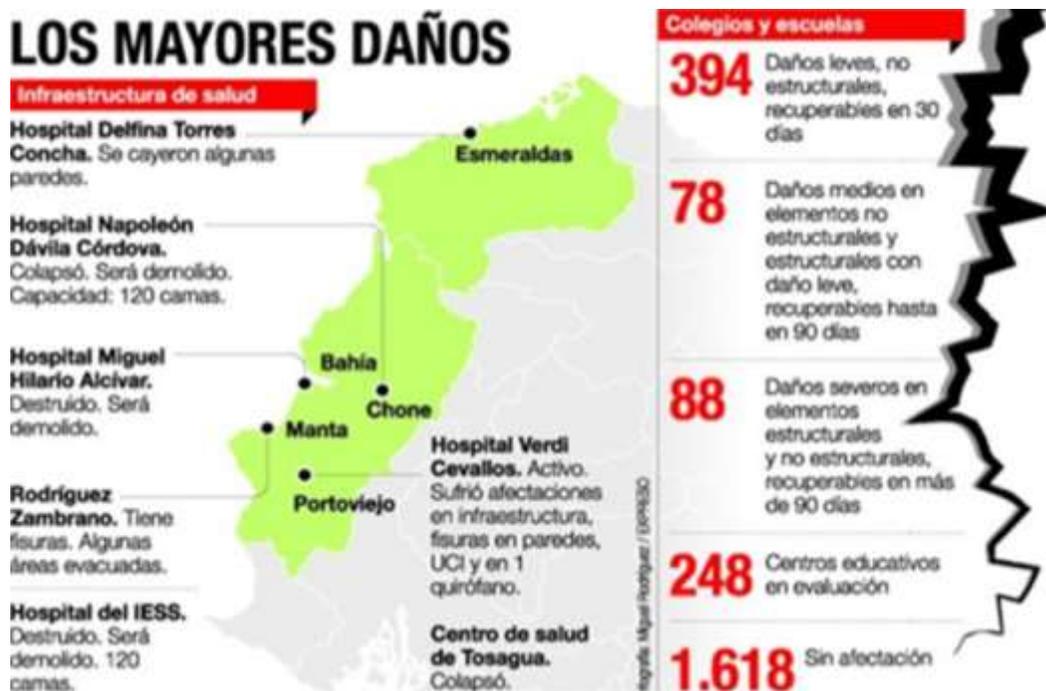


Ilustración 2 La afectación del terremoto del 16 de abril de 2016. Extraída del diario Expreso, 28 abril del 2016.

El hospital del Niño no está al 100% operativo tras terremoto. Diario El Universo, Viernes 22 de abril de 2016.

El Universo el 22 de abril reportó que el Hospital del Niño después del sismo del 16 de abril de 2016 solo se encontraban operando las áreas de emergencia y de consulta externa parcialmente, las mismas que se ubicaban en los edificios recientemente construidos. Las demás como la de hospitalización, que estaban en las antiguas estructuras, fueron evacuadas. (Diario El Universo, 2016)

Desde la calle se podían observar las paredes fisuradas. (Ver ilustración 3)



Ilustración 3 El Hospital del Niño no está al 100% operativo tras terremoto del 16 de abril de 2016. Extraída del diario El Universo, viernes 22 de abril de 2016.

Cirugías suspendidas y hospitales en alerta. Diario Expreso , Guayaquil 19 abril 2016

El diario Expreso el 19 de abril reportó que a consecuencia del sismo las cirugías tuvieron que ser suspendidas, ya que los pacientes fueron evacuados a otros centros médicos debido a los daños en la infraestructura de tres hospitales. También señalan que el movimiento en el sector de la salud de Guayaquil fue intenso a causa del terremoto que azotó al país y que causó destrozos en Manabí.

Además en algunos hospitales fue necesario trasladar a los pacientes a otros pisos como medidas de prevención ante daños en la infraestructura. Esto se dio en Solca (ver ilustración 4) y en el Hospital del Niño Francisco de Ycaza Bustamante. También en el

Hospital Naval fue necesario evacuar a los pacientes y solo atendieron emergencias.
(Expreso, 2016c)



Ilustración 4 Cirugías suspendidas y hospitales en alerta debido al sismo del 16 de abril de 2016, obtenida del diario Expreso - Guayaquil 19 abril 2016.

En el hospital Eugenio Espejo restringieron las cirugías programadas por el terremoto en Ecuador. Diario El Comercio, 19 de abril de 2016

El diario El Comercio manifestó el 19 de abril que el hospital Eugenio Espejo de Quito se encontraba operativo después del sismo del 16 de abril de 2016, para recibir a los afectados (ver ilustración 5). (El Comercio, 2016)



Ilustración 5 Hospital Eugenio Espejo operativo después del sismo del 16 de abril de 2016, obtenida del diario El Comercio 19 de abril de 2016.

Destruída infraestructura médica privada en un 90%. Diario El Universo, domingo 1 de mayo de 2016

El Universo el 1 de mayo reportó que la Clínica Santa Margarita de Portoviejo resultó severamente afectada por el sismo del 16 de abril de 2016, esta edificación presentaba fisuras en paredes, también dejó de atender las emergencias. El propietario de la clínica el señor Álvaro Párraga indicaba que esta edificación estaba compuesta por dos edificios, en la cual la segunda edificación tenía etiqueta roja, aquí funcionaban las áreas de terapias y consultas externas (ver ilustración 6). Además, señalaba que el 90% de la infraestructura médica privada quedó destruida y uno de los grupos más afectados, luego de la población, es la clase médica. (Murga, 2016)



Ilustración 6 Clínica Santa Margarita de Portoviejo afectada por el sismo del 16 de abril de 2016. Extraída del diario El Universo, 1 de mayo 2016.

\$100 millones para la estructura hospitalaria. Diario El Universo, sábado 7 de mayo de 2016.

El diario El Universo manifestó el 7 de mayo que el ministerio de salud pública destinó \$100 millones a la reconstrucción y repotenciación de centros de salud afectados en Manabí y Esmeraldas. Además que para el hospital Napoleón Dávila de Chone que sufrió grandes afectaciones (ver ilustración 7), su monto fue de unos \$30 millones y \$4 millones para el antiguo hospital, que estaba ubicado en el centro de la ciudad. De igual forma para el hospital Rodríguez Zambrano de Manta fue de \$2 millones para reconstruir

la parte baja y complementar el área de consulta externa y para el hospital Miguel H. Alcívar se destinó \$10 millones. (el Universo, 2016)



Ilustración 7 Hospital de Chone durante el sismo del 16 de abril de 2016. Extraída del diario El Universo, sábado 7 de mayo de 2016.

Una veeduría revela falencias médicas en el Hospital Naval. Diario Expreso, lunes 16 de mayo de 2016

El diario Expreso el 16 de mayo reportó que en el Hospital Naval de Guayaquil, quedaron suspendidas las operaciones después del terremoto del pasado 16 de abril de 2016 (ver ilustración 8). El edificio de siete pisos, donde funcionaban esa y otras áreas médicas, sufrió daños en su estructura. Además el 3 de mayo del 2016 el Consejo de Participación Ciudadana y Control Social informó, a través de un boletín de prensa la declaratoria de emergencia del hospital, señalando que el hospital sufría de múltiples fallas en su estructura y no cumplió adecuadamente con los protocolos de bioseguridad hospitalaria. (Expreso, 2016)



Ilustración 8 Una veeduría revela falencias médicas en el Hospital Naval. Extraída del diario Expreso, lunes 16 de mayo de 2016.

Adiós inesperado para la Clínica Manta . Diario El Mercurio, sábado 28 de mayo de 2016

El diario El Mercurio el 28 de mayo reportó que la Clínica Manta tenía orden de ser demolida por sus severas afectaciones del terremoto (ver ilustración 9), recalcando que no fue escenario de ningún fallecido, ya que la farmacia se encontraba cerrada al igual que los consultorios durante el terremoto. (Diario El Mercurio., 2016)



Ilustración 9 Adiós inesperado para la Clínica Manta por el terremoto del 2016. Extraída del diario El Mercurio, sábado 28 de mayo de 2016.

SOLCA trabaja pese a la afectación de su edificio. El Diario, miércoles 20 abril 2016

El Diario el 20 de abril reportó que tras el terremoto que azotó a Ecuador el 16 de abril de 2016 hubo daños en las instalaciones de SOLCA. A su vez Santiago Guevara García, presidente del consejo directivo de la entidad de salud, indicaba que el área de hospitalización fue la más afectada por el terremoto, recalcando que la institución sufrió daños materiales en la estructura física interna, aproximadamente en un 30 %, afectando las áreas de hospitalización. Además según el informe oficial técnico, hubo daños estructurales en portería, desprendimiento de paredes (ver ilustración 10), pero los demás servicios no se encontraban paralizados, ya que fue operativo para pacientes que estaban dentro de la institución y requerían de tratamiento inmediato. (El Diario, Grupo Ediasa S.A, 2016)



Ilustración 10 El hospital SOLCA en Manabí se encontraba brindando atención a los pacientes oncológicos que lo necesitaban. Fuente: El Diario, miércoles 20 abril 2016.

Cuatro de cinco pisos de SOLCA, inhabitados. Diario Expreso, Guayaquil 19 septiembre 2017

El diario Expreso el 19 de septiembre reportó que de los tres análisis técnicos a los que se sometió el hospital luego del terremoto, concluyeron que los daños eran sólo arquitectónicos y no estructurales (ver ilustración 11). Es decir, de mampostería, aseguró el ingeniero Johnny Guerrero, jefe de Proyectos y Construcciones de SOLCA. (Expreso, 2017)



Ilustración 11 Hospital SOLCA luego del terremoto del 2016. Extraída del diario Expreso, 19 septiembre 2017.

Clínica Santa Margarita está operativa y atendiendo normalmente. El Diario, viernes 27 mayo 2016

El Diario el 27 de mayo reportó que la Clínica Santa Margarita estaba compuesta por dos bloques, de los cuales uno de ellos no sufrió prácticamente ningún tipo de afectación, por ende le otorgaron el sello verde a través de una evaluación de su instalación para continuar operando con normalidad (ver ilustración 12). Por otra parte, el bloque más alto de la clínica se encontraba con etiqueta roja, ya que resultó con severas afectaciones, ahí fue necesario la demolición de dos losas. (El Diario S.A, 2016)



Ilustración 12 Clínica Santa Margarita, afectada por el sismo del 16 de abril de 2016. Extraída del periódico El Diario, viernes 27 mayo 2016.

3 CAPÍTULO III: EDIFICACIONES AFECTADAS POR LOS SISMOS DE 1980, 1995, 1998 Y 2016.

3.1 Sismo del 18 de Agosto de 1980

El 18 de agosto de 1980 a las 10:08 horas ocurrió un sismo de magnitud $M_s = 6.1$, cuyo epicentro se localizaba en Nobol (ver ilustración 13), Provincia del Guayas, a una profundidad de 74 km, la misma que tuvo una intensidad máxima de VIII en la escala de Mercalli modificada, lo que significa que fue un sismo destructivo, el mismo que afectó en sectores del centro, sur y oeste de la ciudad (Chang & Joaquin, 2012).

Luego del sismo la población en general entró en caos debido a los diferentes daños en las edificaciones tanto de uso público como privado, en especial hubo un mayor impacto en las estructuras de construcción informal que en esa época era muy común, las mismas en donde fueron notorios los daños debido al movimiento telúrico.

También podemos recalcar que este evento causó la suspensión de energía eléctrica por un lapso de 3 horas, ocasionando problemas en las redes de comunicación, como también problemas en el transporte.

Dentro de los daños que causó el sismo hubo una afectación en colegios y escuelas causando la suspensión de sus actividades. Además, los hospitales se declararon en emergencia por el caos que ocurría, pero atendieron las emergencias restringiendo las áreas afectadas por el sismo.

Los centros médicos con más congestionamiento fueron los hospitales General Luis Vernaza, Abel Gilbert (Guayaquil) y Teodoro Maldonado (IESS), en donde fue necesaria la intervención de la policía para el orden en los centros médicos, de esta manera las salas de emergencia laboraron con normalidad para atender las emergencias. (Rodríguez, 1999).



Ilustración 13 Sismo del 18 de agosto de 1980 - Guayas. Fuente: Google Maps

Hospitales afectados por el sismo del 18 de agosto de 1980

3.1.1 Hospital Valenzuela.

El Hospital Valenzuela resultó afectado por el sismo del 18 de agosto de 1980, en el cual varias de sus zonas sufrieron deterioros menores en sus instalaciones que impidió su operatividad ante las diferentes emergencias médicas. (Ver ilustración 14)

El hospital estaba compuesto de 3 niveles de tipo estructural de hormigón armado, asentado sobre un tipo de suelo en roca, cuya cimentación fue de tipo superficial y su tipo de mampostería era no reforzada de buena calidad. El hospital sufrió agrietamientos en elementos estructurales y se estimó un probable mecanismo de colapso frágil para intensidad VII+ durante el sismo del 18 de agosto de 1980 (Ver ilustración 15). La evaluación del hospital obligó a suspender los servicios de salud para su rehabilitación. (Argudo & Yela, 1995).



Ilustración 14 Hospital Valenzuela afectado por el sismo del 18 de agosto de 1980, extraído del PROYECTO RADIUS



Ilustración 15 Hospital Alfredo Valenzuela: Fisuras en vigas del pabellón de varones por el sismo de 1980. Extraído de Vulnerabilidad Estructural de Hospitales de Guayaquil

Tipo de suelo del Hospital Valenzuela.

Dado que para el estudio de las edificaciones esenciales en Guayaquil no existe información del tipo del suelo sobre el que se encuentra asentado según la clasificación de la Norma Ecuatoriana de Construcción, ya que solamente se tiene información por el estudio de vulnerabilidad estructural de hospitales en Guayaquil elaborado por el Ing. Jaime Argudo y el Ing. Rommel Yela, categorizado en suelos blandos o roca (Ver Tabla 1), es así que determinamos el tipo de suelo como establece la Norma Ecuatoriana de Construcción por medio del estudio de actualización del mapa geológico de la ciudad de Guayaquil elaborado por GEOESTUDIOS S.A, a través de la velocidad de onda de corte.

Por ende, se determinó que el Hospital Valenzuela se encuentra sobre un suelo tipo B. (Ver Tablas 2 y 3)

Tabla 1 Tipo de suelo del Hospital Valenzuela, obtenido de Vulnerabilidad estructural de hospitales en Guayaquil - (Argudo & Yela, 1995)

NÓMINA DE HOSPITALES, TAMAÑO, PROPIETARIO, TIPO DE DIAGNÓSTICO, Y VARIABLES DE ZONIFICACIÓN SÍSMICA						
Nombre del Hospital	# de camas	Tipo de hospital	Propietario	Tipo de diagnóstico	Tipo de suelo	Tipo de Sismo
Neumológico Alfredo Valenzuela	326	Neumológico	MSP	Cuantitativo	Roca	I

Tabla 2 Actualización del mapa geológico de la ciudad de Guayaquil. Fuente: GEOESTUDIOS S.A

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		

Tabla 3 Tipos de suelos. NEC-15

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda que cumpla con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360$ m/s

En la tabla 4 se muestra una ficha de estudio donde identifica el sistema estructural de la edificación como también expone su vulnerabilidad.

Tabla 4 Hospital Valenzuela. Fichas de una muestra de edificios, extraído del PROYECTO RADIUS - (Argudo, 1999)

R A D I U S EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD URBANA FORMULARIO DE LEVANTAMIENTO VISUAL RAPIDO		
<p>Sentido 1: Av. Julián Coronel Sentido 2: Cerro del Carmen</p> <p>1. Información General</p> <p>Fecha: 3 de Octubre de 1998 Nombre: Hospital Valenzuela Dirección: Cerro del Carmen</p> <p>Código: 61 Inspector: Ing. Jaime Argudo</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 checked="" type="checkbox"/> Emergencia <input 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 = 3 Luces en sentido 1=4.0m <input checked="" type="checkbox"/> Edificio Medianero <input type="checkbox"/> Efecto edificio pequeño Luces en sentido 2=4.0m <input checked="" 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 <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 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>		

Las observaciones de la ficha de muestra del Hospital Valenzuela, indicaban la vulnerabilidad que tiene la edificación a daños de tipo no estructural, es decir arquitectónicos, como también una condición indeseable de columna débil - viga fuerte.

3.1.2 Hospital Naval.

Otra estructura afectada por el sismo del 18 de agosto de 1980 fue el Hospital Naval en Guayaquil, esta edificación sufrió afectaciones menores en ciertas áreas de su instalación médica que permitió estar operativo para las emergencias.

El Hospital Naval estaba compuesto de una edificación de 7 niveles de tipo estructural de hormigón armado, asentado sobre un tipo de suelo suave, cuya cimentación fue de tipo profunda con pilotes y sin sótano, además su tipo de mampostería era reforzada y durante el terremoto del 18 de agosto de 1980 sufrió de daños arquitectónicos (ver ilustración 16). (Argudo & Yela, 1995).



Ilustración 16 Hospital Naval. Debido a su gran flexibilidad sus elementos no estructurales eran muy vulnerables. Extraído del PROYECTO RADIUS

Tipo de suelo del Hospital Naval.

Se determinó el tipo de suelo como establece la Norma Ecuatoriana de Construcción por medio del estudio de actualización del mapa geológico de la ciudad de Guayaquil elaborado por GEOESTUDIOS S.A, a través de la velocidad de onda de corte. Por ende, determinamos que el Hospital Naval en Guayaquil se encuentra sobre un suelo tipo E. (Ver tablas 5, 6 y 7)

Tabla 5 Tipo de suelo del Hospital Naval, obtenido de Vulnerabilidad estructural de hospitales en Guayaquil - (Argudo & Yela, 1995)

NÓMINA DE HOSPITALES, TAMAÑO, PROPIETARIO, TIPO DE DIAGNÓSTICO, Y VARIABLES DE ZONIFICACIÓN SÍSMICA						
Nombre del Hospital	Numero de camas	Tipo de hospital	Propietario	Tipo de diagnóstico	Tipo de suelo	Tipo de Sismo
Hospital Naval	150	General	FFAA	Cuantitativo	Suave	III

Tabla 6 Actualización del mapa geológico de la ciudad de Guayaquil Fuente: GEOESTUDIOS S.A

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, silíceas; Lutitas tobáceas, areniscas, aglomerados.	Formación Cayo
Roca meteorizada	610-1100		
Roca no meteorizada	1100-1750		

Tabla 7 Tipos de suelos NEC-15

Tipo de perfil	Descripción	Definición
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s > 180 \text{ m/s}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50 \text{ kPa}$

3.1.3 Hospital Guayaquil.

De igual manera a causa del sismo del 18 de agosto de 1980 también resultó afectado el Hospital Guayaquil con daños menores en sus instalaciones que le permitieron seguir operativo ante las diferentes emergencias médicas. (Ver ilustración 17)

El hospital Guayaquil estaba compuesto de una edificación de 8 niveles de tipo estructural de hormigón armado, asentado sobre un tipo de suelo suave, cuya cimentación fue de tipo profunda con pilotes y sótano, su tipo de mampostería era reforzada. El hospital sufrió daños por el terremoto del 18 de agosto de 1980, el cual tuvo daños arquitectónicos y deterioro de Instalaciones Vitales, varias de sus zonas fueron afectadas con deterioros menores. (Argudo & Yela, 1995).



Ilustración 17 Hospital Guayaquil, varias de sus zonas fueron afectadas con deterioros menores por el sismo de 1980. Extraído de Vulnerabilidad Estructural de Hospitales de Guayaquil.

Tipo de suelo del Hospital Guayaquil

Se determinó el tipo de suelo como establece la Norma Ecuatoriana de Construcción por medio del estudio de actualización del mapa geológico de la ciudad de Guayaquil elaborado por GEOESTUDIOS S.A, a través de la velocidad de onda de corte. Por ende, determinamos que el Hospital Guayaquil se encuentra sobre un suelo tipo E. (Ver Tablas 8-9-10)

Tabla 8 Tipo de suelo del Hospital Guayaquil, obtenido de Vulnerabilidad estructural de hospitales en Guayaquil - (Argudo & Yela, 1995)

NÓMINA DE HOSPITALES, TAMAÑO, PROPIETARIO, TIPO DE DIAGNÓSTICO, Y VARIABLES DE ZONIFICACIÓN SÍSMICA						
Nombre del Hospital	# de camas	Tipo de hospital	Propietario	Tipo de diagnóstico	Tipo de suelo	Tipo de Sismo
Abel Gilbert Pontón(Guayaquil)	240	General	MSP	Cuantitativo	Suave	III

Tabla 9 Actualización del mapa geológico de la ciudad de Guayaquil Fuente: GEOESTUDIOS S.A

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		

Tabla 10 NEC-15

Tipo de perfil	Descripción	Definición
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s > 180 \text{ m/s}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50 \text{ kPa}$

En la tabla 11 se muestra una ficha de estudio donde identifica el sistema estructural de la edificación como también expone su vulnerabilidad.

Tabla 11 Hospital Guayaquil. Fichas de una muestra de edificios. Fuente: PROYECTO RADIUS - (Argudo, 1999)

R A D I U S EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD URBANA <small>FORMULARIO DE LEVANTAMIENTO VISUAL RAPIDO</small>	
<p>Sentido 1: Av. Assad Bucaram (la 29^{va}) Sentido 2: Galápagos</p> <p>1. Información General</p> <p>Fecha: 3 de Octubre de 1998 Nombre: Hospital Guayaquil Dirección: La 29^{va} y Galápagos</p> <p>Código: 50 Inspector: Ing. Jaime Argudo</p>	 <p>Hospital del Suburbio: varias de sus zonas fueron afectadas con deterioros menores durante el sismo del 18 de agosto de 1980</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 checked="" type="checkbox"/> Emergencia <input type="checkbox"/> Otros (iglesia)</p> <p>4. Sistema Estructural <input type="checkbox"/> Pórticos e>v <input checked="" type="checkbox"/> Losas planas + col's <input type="checkbox"/> Pórticos + muros <input type="checkbox"/> Pórticos e<v <input type="checkbox"/> Losas planas + muros <input type="checkbox"/> Otros</p> <p>5. Dimensiones principales Número de pisos = 7 Luces en sentido 1=6.0m <input checked="" type="checkbox"/> Edificio Medianero <input type="checkbox"/> Efecto edificio pequeño Luces en sentido 2=5.0m <input checked="" 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 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>	

Las observaciones de la ficha de muestra del Hospital Guayaquil, indicaban que los daños estructurales eran pocos probables pero en cambio era muy vulnerable a daños de tipo no estructural, además tenía poca rigidez en planta baja.

3.2 Sismo del 2 de octubre de 1995

El 2 de octubre de 1995 ocurrió un sismo de magnitud de onda superficial $M_s=6.9$, cuyo epicentro se localizaba en la cordillera de Cutucú (ver ilustración 18) y tuvo una intensidad máxima en Tena de VI+ en la escala de Mercalli modificada. (Sierra Beltrán & Argudo Rodríguez, s. f.)



Ilustración 18 Sismo del 2 de octubre de 1995. (Google Maps)

Dado este sismo el hospital José María Velasco Ibarra fue uno de los pocos edificios que sufrieron daños a causa de este evento sísmico, como también construcciones más pequeñas e informales que arriesgaron la vida de muchas personas. Además se suspendió la energía eléctrica provocando un caos en las personas y la comunicación.

3.2.1 Hospital José María Velasco Ibarra.

A consecuencia del sismo del 2 de octubre de 1995 el hospital José María Velasco Ibarra resultó con afectaciones, lo cual no generó daños en su estructura ya que los daños se centraron en el tipo no estructural de la edificación, es decir afectaciones en mampostería, equipos y las líneas vitales, razón por la que fue necesario la evacuación del hospital, ya que el servicio de atención quedó restringido y esto fue prolongado aproximadamente por tres meses para la rehabilitación de su estructura.

Una vez inspeccionado el hospital el Ministerio de salud del Ecuador solicitó al gobierno de Bélgica una ayuda ante esta emergencia. Dichos trabajos de diagnóstico de vulnerabilidad sísmica se designaron al mismo equipo técnico a cargo del estudio de los hospitales de Guayaquil, en el cual estableció la necesidad de un reforzamiento para reducir el daño sísmico de tipo no estructural, como también prevenir el colapso de la estructura frente a estos fenómenos.

El gobierno de Bélgica aportó con US\$ 400.000 para la ejecución de los estudios y el reforzamiento. (Molin Valdés, Rosales Ardón, & Bitrán Bitrán, 1997)

El hospital José María Velasco Ibarra estaba compuesto de una edificación de 5 niveles (ver ilustración 19), cuya estructura era de pórticos de hormigón armado con vigas peraltadas, se encontraba sobre un tipo de suelo de arenas sueltas saturadas y se empotraba sobre un estrato resistente de limo sobre consolidado $N > 50.0$. Cuya cimentación es de plintos sobre pilotes de hormigón de aproximadamente 15 metros de longitud. (Sierra Beltrán & Argudo Rodríguez, s. f.).



ilustración 19 Fachada Este, pabellón de consulta externa. Fuente: Diseño del reforzamiento José María Velasco Ibarra de la ciudad de Tena.

Descripción de daños

Factores constructivos:

A continuación se describe algunos factores constructivos que influyeron a los daños en la edificación del hospital José María Velasco Ibarra:

- **Mampostería de mala calidad:** Según el estudio que se realizó en la edificación se podía observar que las paredes del hospital fueron construidas con ladrillo, es decir fabricadas artesanalmente y para éste tipo de construcción debió realizarse con paredes de bloque de cemento que adquiere una mayor resistencia.
- **Inadecuado arriostramiento de las paredes:** La construcción del hospital presentaba un inadecuado arriostramiento entre las columnas y las paredes, debido a un mal manejo del refuerzo transversal denominado comúnmente como chicotes.
- **Tuberías que atraviesan juntas sísmicas:** Las afectaciones de las líneas vitales como agua y oxígeno se ocasionaron porque atravesaban las juntas sísmicas sin ningún tipo de unión que disipe los daños en la edificación.
- **Inadecuada ubicación de ventanas:** Otro factor que contribuyó a los daños era que algunas ventanas se colocaron sobre antepechos de una mediana altura, lo cual era apoyada a las columnas que causaba la reducción de su altura, es decir lo que se denomina como columna corta.

Efecto de torsión accidental en el edificio:

Debido a que no se respetó la junta sísmica entre el bloque de consulta externa y el bloque principal “T”, se perdió la simetría en la dirección N.S. Esto significa que se creó un efecto de torsión que produjo que los esfuerzos, las deformaciones y los daños se hayan desarrollado con mayor severidad en la posición Nor-Oeste de la “T”. (Argudo Rodríguez, 1995).

Factores arquitectónicos:

A continuación se describe los factores de tipo no estructural que contribuyeron a los daños producidos por el sismo de 1995:

- **Edificación con elevación irregular:** El hospital tenía cambios bruscos de elevación que causaba una mala proporción de su estructura.
- **Inadecuada arquitectura sismo resistente:** La edificación del hospital José María Velasco Ibarra tenía una mala configuración de las plantas sin criterio sismo resistente.
- **Necesidad de una nueva junta de construcción:** Según el estudio era necesario crear una nueva junta a lo largo del eje D, con la finalidad de reducir el efecto de interacción entre los bloques.

Efecto de sitio:

El efecto de sitio se genera por el tipo del suelo en que esté asentada la edificación, ya que mientras más blando es el suelo la amplificación de las ondas sísmicas es más grande provocando mayor afectación en la estructura, por lo tanto como el Hospital Velasco Ibarra se encontraba sobre un tipo de suelo de arenas sueltas saturadas, esto pudo haber contribuido de igual forma a los daños en la edificación.

Deformación de la estructura a causa del sismo.

De acuerdo a la recopilación de información identificamos que el hospital José María Velasco Ibarra no poseía muros estructurales, que tienen la finalidad de rigidizar la estructura, lo cual pudo contribuir a que la estructura durante el sismo del 2 de octubre de 1995 quede deformada excesivamente para ser de uso hospitalario provocando daños en sus instalaciones.

Factores de mantenimiento:

Lo que corresponde al mantenimiento y operación del hospital José María Velasco Ibarra se describe a continuación:

- **Inadecuado mantenimiento de líneas vitales:** Durante el sismo de 1995 muchas de las instalaciones de líneas vitales sufrieron daños debido a un mal mantenimiento, lo que provocó que no estén operativas para la edificación.
- **Inadecuado mantenimiento de equipos médicos:** Luego del sismo algunos equipos médicos no se encontraban operativos por su mal estado de mantenimiento, lo cual es inaceptable para una edificación esencial de uso hospitalario.

Comportamiento sismo-resistente del edificio

La estructura del hospital José María Velasco Ibarra no sufrió daño alguno y probablemente sus elementos más solicitados experimentaron esfuerzos cercanos a los de su límite elástico. Los planos de la estructura del hospital muestran que la estructura fue diseñada en base a la teoría de la resistencia última, la cual es una exigencia de la Norma del Código Ecuatoriano desde 1977, cuyo objetivo principal es precautelar la vida de las personas en la edificación, de esta manera evitar un mecanismo de colapso frágil. (Argudo Rodríguez, 1995).

Además se considera que el hospital José María Velasco Ibarra no tuvo un adecuado comportamiento sismo resistente, ya que a consecuencia del sismo hubo severas afectaciones tanto en elementos no estructurales, líneas vitales y equipos que ocasionaron la suspensión de actividades médicas y su evacuación inmediata.

Rehabilitación del hospital Velasco Ibarra

Se consideró reparar los equipos, instalación de líneas vitales es decir luz, agua, oxígeno y reparar los ascensores, de igual forma en la evaluación del hospital consideraron colocar refuerzo de tipo vinchas en ciertas paredes agrietadas, como también resanar las fisuras respetando juntas de dilatación. Además, fue necesario limpiar y demoler la pared sobre la junta sísmica que separa el pabellón de consulta externa y el bloque principal.

Reforzamiento del hospital

El propósito del reforzamiento de la estructura del hospital José María Velasco Ibarra se basó en cumplir a satisfacción lo siguiente:

- **Reducción de la vulnerabilidad no-estructural.** En la edificación se debe garantizar la seguridad de los elementos arquitectónicos, como también de equipos e instalaciones para la plena operatividad del hospital. Esto significó que la forma más conveniente de solucionarlo era rigidizando la estructura, es decir limitando sus deformaciones laterales y rotacionales.
- **Adecuado comportamiento sismo-resistente.** Se consideró necesario a través del reforzamiento incrementar su comportamiento sismo-resistente especialmente en la dirección Este Oeste y rotacional del hospital. (Argudo Rodríguez, 1995)
- **Reparación de juntas sísmicas.** Es decir limpiar las juntas sísmicas de la edificación y repararlas, como también introducir nuevas juntas con la finalidad de mejorar el comportamiento sismo resistente del hospital.
- **Reparación de elementos no estructurales.** Debido al sismo de 1995 se evidenciaron las fallas en la edificación, razón por la cual implementaron un correcto arriostramiento de las paredes, evaluando si algunas de ellas debieron ser demolidas o reconstruidas.

Presupuesto para el reforzamiento y rehabilitación del hospital

El presupuesto que conllevó el reforzamiento y reparación del hospital fue de \$ 350.000. (Argudo Rodríguez, 1995)

En las ilustraciones 20 y 21 se muestra los bloques del hospital José María Velazco Ibarra de la ciudad de Tena afectado por el sismo del 2 de octubre de 1995.



Ilustración 20 Fachada Sudeste, vista de bloques en L y bloque principal. Fuente: Diseño del reforzamiento José María Velazco Ibarra de la ciudad de Tena, Ecuador.



Ilustración 21 Fachadas Norte y Este, los pequeños daños se concentraron en los niveles de planta baja y primer piso. Fuente: Evaluación de los daños del hospital Miguel H. Alcívar.

3.3 Sismo del 4 de agosto de 1998

El sismo del 4 de agosto de 1998 ocurrió frente a la ciudad de Bahía de Caráquez, cuyo epicentro se localizaba en Canoa (ver ilustración 22), situado a 10 km al norte de Bahía, este sismo tuvo una magnitud de $M_s=7.1$. (Rodríguez, 1998).

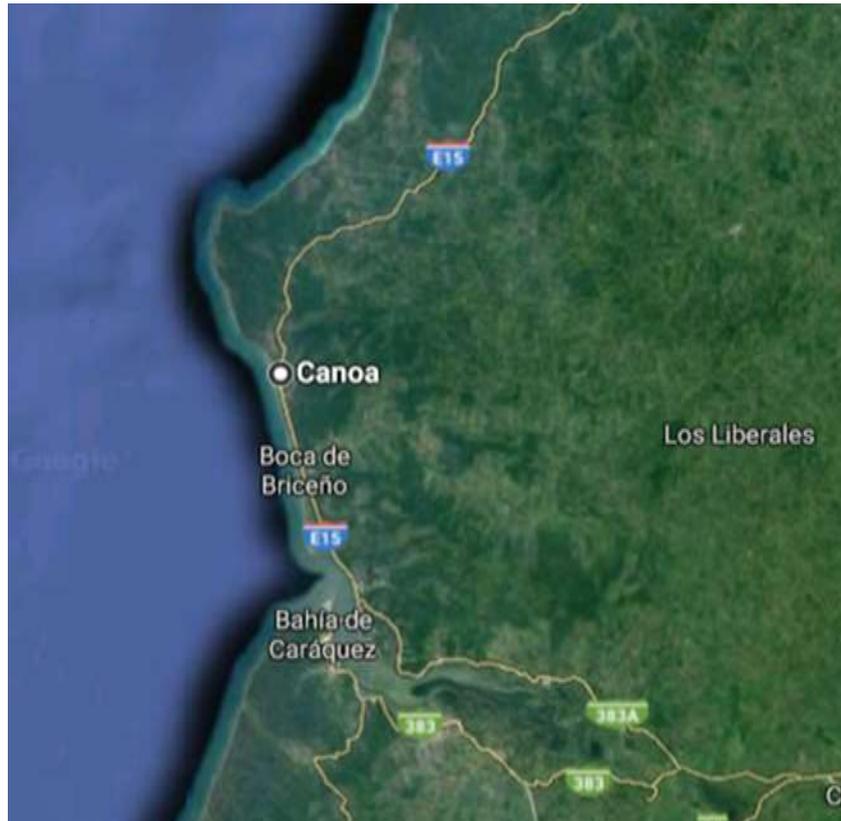


Ilustración 22 Sismo 4 de agosto de 1998. Fuente: Google Maps

Producto del sismo varias edificaciones resultaron afectadas con daños severos, como también la suspensión de líneas vitales, lo cual generó caos en la comunidad y congestión. También es importante acotar que las edificaciones de poca altura es decir de 2 o 3 pisos no presentaron daños significativos en sus estructuras. Además a consecuencia del terremoto sufrió daños el hospital Miguel H. Alcívar, el cual debió estar operativo para las diversas emergencias.

Edificación afectada por el sismo del 4 de agosto de 1998

3.3.1 Hospital Miguel H. Alcívar.

Debido al sismo del 4 de agosto de 1998 el hospital Miguel H. Alcívar ubicado en Bahía de Caráquez (ver ilustración 23), resultó con daños severos en sus instalaciones, lo cual provocó suspensión de sus actividades médicas, como también de una evacuación inmediata a sus pacientes.

El hospital estaba compuesto de una edificación de hormigón armado de 5 niveles que se encontraba asentado sobre un tipo de suelo de arena de consistencia media (no duras), cuya cimentación fue de tipo superficial con plintos aislados. (Rodríguez, 1998)



Ilustración 23 Ubicación del Hospital Miguel H. Alcívar (Google Maps)

Descripción de daños en el Hospital Miguel H. Alcívar.

A consecuencia del sismo de 1998 el hospital Hospital Miguel H. Alcívar resultó con daños severos en áreas de consulta externa (ver ilustración 24), laboratorio, áreas de administración, rayos x, emergencia, cocina, lavandería y de menor severidad a las zonas de esterilización, cirugía y hospitalización para la maternidad del primer piso del hospital. (Rodríguez, 1998).



Ilustración 24 Hospital Miguel H. Alcívar. Daños en los elementos construidos en la junta entre el bloque principal de 5 pisos y el bloque de Consulta Externa. Fuente: Evaluación de los daños del hospital Miguel H. Alcívar.

Tipo de suelo del hospital Miguel H. Alcívar

Se determinó el tipo de suelo sobre el que estaba asentada la edificación del hospital mediante el estudio de los tipos de perfil de suelo para diseño en ciudades como Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez, las cuales fueron afectadas por el sismo del 16 de abril del 2016.

Dado que el hospital estaba en el mismo terreno que hasta la fecha del 2016 se tomó la imagen para analizar el tipo de suelo, concluyendo que el tipo de suelo sobre el que se asentó el hospital Miguel H. Alcívar es tipo D. (Ver ilustración 25)

En la ilustración 25, tenemos el mecanismo que permitió determinar el tipo de suelo para el hospital Miguel H. Alcívar:

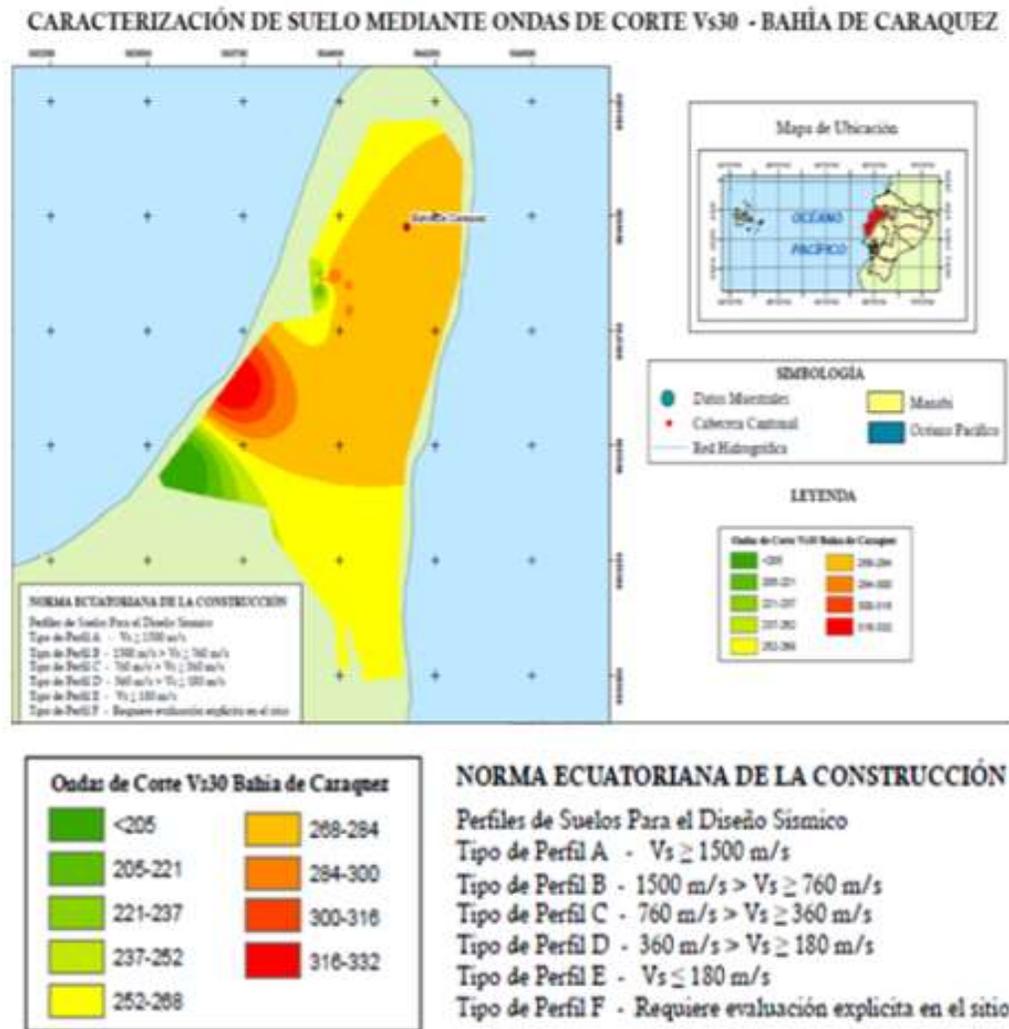


Ilustración 25 Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caraquez ciudades afectadas por el sismo del 16 abril del 2016. Hugo Bonifaz García - Juan Haro Lescano.

Continuando con los daños producidos por el sismo del 4 de Agosto de 1998, se consideró como leves en las áreas de hospitalización del segundo y tercer piso, es decir aquí se destaca el impacto de la estructura de la escalera de emergencia y el edificio. Además, se consideró que los daños fueron casi nulos en el cuarto piso de la edificación. (Rodríguez, 1998).

Es importante recalcar que la edificación también resultó afectada en sus elementos no estructurales, tales como arquitectónicos, mampostería, equipos e instalaciones de líneas vitales, los cuales fueron considerados severos a nivel de planta baja y primer piso de la instalación (ver ilustración 26). Como también debemos mencionar que el hospital sufrió de daños estructurales solamente en las columnas de planta baja, en donde al menos cuatro columnas fallaron por la acción del cortante. (Ver ilustración 27)

Básicamente se contribuye que las fallas en las columnas se dio por la mala calidad de su fundición, ya que fue notorio encontrar la ausencia de compuestos ligantes como epóxido en las juntas de fundición (ver ilustración 29). Es decir, en lugar de ésto se encontró residuos de madera del encofrado utilizado para la fundición, además estas juntas se introdujeron en la vecindad de los nodos, donde se hallaron los mayores esfuerzos de corte sísmico. Hay que tomar en cuenta que no existió una buena práctica constructiva. (Rodríguez, 1998).



Ilustración 26 Hospital de Bahía durante el sismo del 4 de agosto de 1998 , extraído de Evaluación de los daños del hospital Miguel H. Alcívar.



Ilustración 27 Hospital Miguel H. Alcívar, columnas perimetrales de planta baja que colapsó. Extraído de Evaluación de los daños del hospital Miguel H. Alcívar.

En la ilustración 28 se muestra los daños entre la escalera de emergencia y el edificio debido a la interacción entre el suelo y la estructura.



Ilustración 28 Hospital Miguel H. Alcívar: Choque entre la escalera de emergencia y el edificio. Fuente: Evaluación de los daños del hospital Miguel H. Alcívar.



Ilustración 29 Hospital Miguel H. Alcívar, mala práctica en la fundición de columnas. Extraído de Evaluación de los daños del hospital Miguel H. Alcívar.

Lo que comprende a daños en instalaciones de líneas vitales se localizó en zonas de juntas sísmicas, como también elementos arquitectónicos como paredes y ventanas sufrieron daños en estas zonas y en las fachadas, debido entre otras causas por haberse construido sobre voladizos de las losas sin un adecuado amarre contra el sistema estructural del hospital. (Rodríguez, 1998).

Efecto de sitio

Debido a que el hospital Miguel H. Alcívar se encontraba sobre un tipo de suelo de arena de consistencia media, se puede interpretar que esto contribuyó a los daños en la edificación, ya que mientras más blando sea el suelo la amplificación de las ondas sísmicas se propagan con mayor intensidad. (Ver ilustración 30 y 31)

En las ilustraciones 30 y 31 se muestran los daños debido a la interacción que existió entre el suelo y la estructura.



Ilustración 30 Hospital Miguel H. Alcívar, efectos de la interacción del suelo con la estructura. Fuente: Evaluación de los daños del hospital Miguel H. Alcívar.



Ilustración 31 Hospital Miguel H. Alcívar Daños producidos en la estructura y pisos de la escalera de emergencia, extraído de Evaluación de los daños del hospital Miguel H. Alcívar.

Comportamiento sismo-resistente del edificio

El comportamiento sísmico del Hospital Miguel H. Alcívar fue influenciado por los siguientes aspectos que se describen a continuación:

- La estructura del hospital no estaba diseñada para soportar sin daño estructural o colapso. Además, los sismos de servicio podían generar daño de tipo no estructural y causar la suspensión de las actividades médicas, es decir dejando al hospital no operativo para sus funciones.
- También hay que recalcar que el hospital poseía una arquitectura irregular, es decir no tenía una adecuada configuración sismo resistente, lo que traduce a una distribución de masas muy diferente a la distribución de las rigideces de los elementos estructurales, esto provocó que se produzca excentricidades fuera de la norma por una mala estructuración de los pórticos.
- Otro aspecto que influyó en el comportamiento sismo resistente en la edificación era que tenía columnas muy débiles de 40cm x 40cm, es decir daba mucha flexibilidad a los movimientos de rotación, como también una insuficiente resistencia al cortante sísmico.
- Además el hospital presentaba una distribución de rigideces inadecuada, ya que la planta baja y el primer piso eran muchos más débiles que los otros pisos, provocando que los pisos superiores sufran deformaciones menores y que los daños se acumulen en los primeros pisos.
- Debido a la intensidad del sismo del 4 de agosto de 1998 en el hospital Miguel H. Alcívar las juntas se abrieron parcialmente lo cual produjo que el comportamiento sísmico de esta edificación desmejorara.

Rehabilitación del hospital Miguel H. Alcívar

A consecuencia del sismo del 4 de agosto de 1998 el hospital Miguel H. Alcívar requirió de una rehabilitación, previamente con estudios donde identificaron los factores de vulnerabilidad de la edificación ya que no respondió adecuadamente ante un evento sísmico, motivo por el cual suspendió sus actividades.

En la ilustración 32 se puede apreciar como las actividades médicas se realizaban en el exterior debido al deterioro o daño que sufrió el Hospital Miguel H. Alcívar en la ciudad de Bahía de Caráquez por el sismo del 4 de agosto de 1998.



Ilustración 32 Hospital Miguel H. Alcívar, el personal del hospital laboraba al aire libre. Extraído de Evaluación de los daños del hospital Miguel H. Alcívar.

Presupuesto para el reforzamiento y rehabilitación del hospital

Para el reforzamiento y rehabilitación del hospital se destinaron entre de \$ 800.000 a \$ 1.200.000 dólares, lo cual derivó en la suspensión de servicios de salud por el lapso de un año para dicha reparación. (Rodríguez, 1998)

3.4 Sismo del 16 de abril del 2016

El 16 de abril del 2016 ocurrió un sismo ubicado en la zona de Pedernales y Cojimíes, el cual se dio a las 18h58, con una magnitud de 7.8 (Mw), alcanzando una profundidad de 20 km. (instituto geofísico, 2016)

Como consecuencia del terremoto varias ciudades del Ecuador fueron severamente afectadas, debido a los diversos factores de vulnerabilidad que poseían algunas edificaciones, como también por la informalidad de las construcciones ya que por medio del evento sísmico se identificó que en algunos casos la construcción era de mala calidad por lo tanto, no tenían un adecuado comportamiento sismo resistente. Haciendo énfasis a lo mencionado debemos acotar que de igual forma las estructuras de hormigón armado que cumplieron con las normativas de diseño y construcción sismo resistente de la Norma Ecuatoriana de Construcción también resultaron afectadas tanto en elementos estructurales como no estructurales en las ciudades afectadas por el terremoto.

Además se considera que las ciudades más afectadas por el sismo del 16 de abril del 2016 eran las ciudades de Esmeraldas, Portoviejo, Manta, Chone, Bahía de Caráquez, entre otras zonas, donde existió mayor impacto en las edificaciones.

3.5 Estructuras afectadas en Guayaquil

3.5.1 Hospital de SOLCA.

A consecuencia del sismo registrado el 16 de abril del 2016 en la zona de Pedernales y Cojimíes, provincia de Manabí, Guayaquil también resultó afectado, como es el caso del Hospital de SOLCA, en el cual los daños se podían observar desde las calles aledañas a la institución. (Ver ilustraciones 33 y 34)

El hospital SOLCA mostraba fisuras en sus paredes, además tuvo que ser parcialmente evacuado tras el movimiento telúrico (ver ilustración 35). (Canal oficial Teamazonas., 2016)

En las ilustraciones 33, 34 y 36 se puede observar las fisuras en las paredes debido al sismo del 16 de abril de 2016.



Ilustración 33 Hospital SOLCA después del sismo del 16 de abril de 2016, extraído del Canal oficial Teleamazonas, 2016



Ilustración 34 Hospital SOLCA. Se observó fisuras en sus paredes, extraído del Canal oficial Teleamazonas., 2016



Ilustración 35 Hospital SOLCA. Personal parcialmente evacuado tras el sismo del 16 de abril del 2016, extraído del Canal oficial Teleamazonas., 2016.

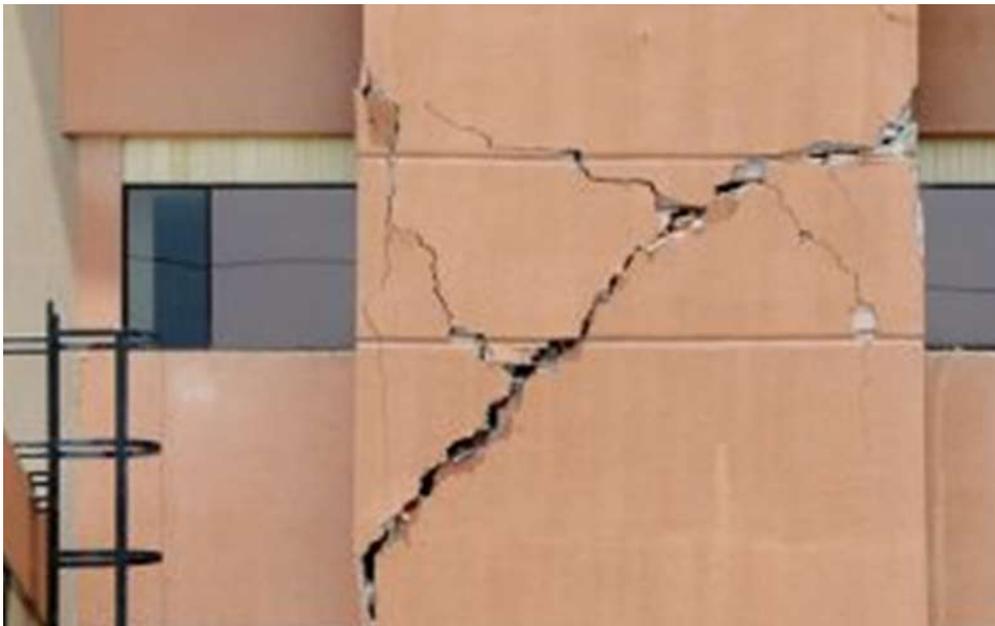


Ilustración 36 Hospital SOLCA. Fisuras en las paredes de la edificación, extraído del Canal oficial Teleamazonas., 2016.

3.5.2 Hospital Naval.

El hospital Naval ubicado en la avenida 25 de julio, en el sur de la ciudad de Guayaquil, resultó afectado a causa del sismo del 16 de abril del 2016, generando conmoción en las personas que ocupaban las instalaciones médicas por los diferentes daños ocasionados por el movimiento telúrico que impidió su operatividad.

Los daños fueron, pilares y paredes resquebrajadas tanto en el interior y exterior del hospital, se observaron grietas en paredes, vidrios rotos, como también el colapso parcial del tumbado en algunas áreas del hospital. (el universo, 2016)

Además debemos recalcar que los daños del hospital Naval no fueron de tipo estructural, ya que más bien fue de elementos no estructurales, es decir afectando a su mampostería con grietas y fisuras. (Ver ilustración 37)



Ilustración 37 Hospital Naval. Daños registrados en el interior de la edificación por el sismo del 16 de abril de 2016, extraído del diario El Universo, 2016.

Las áreas de hospitalización y quirófano del hospital tuvieron que ser evacuadas tras los daños ocasionados por el sismo. (el universo, 2016)

En la ilustración 38 se muestra que el Hospital Naval luego del sismo del 16 de abril de 2016 fue evacuado.



Ilustración 38 Hospital Naval fue evacuado a consecuencia del sismo del 16 de abril de 2016. Extraído del diario El Universo, 2016.

Tipo de suelo del Hospital Naval.

Como el Hospital Naval se encontraba en el mismo terreno desde el sismo de 1980, se determinó el tipo de suelo como establece la Norma Ecuatoriana de Construcción por medio del estudio de actualización del mapa geológico de la ciudad de Guayaquil elaborado por GEOESTUDIOS S.A, a través de la velocidad de onda de corte. Por ende determinamos que el Hospital Naval se encuentra sobre un suelo tipo E. (Ver tablas 12-13-14)

Tabla 12 Tipo de suelo del Hospital Naval, obtenido de Vulnerabilidad estructural de hospitales en Guayaquil - (Argudo & Yela, 1995)

NÓMINA DE HOSPITALES, TAMAÑO, PROPIETARIO, TIPO DE DIAGNÓSTICO, Y VARIABLES DE ZONFICACIÓN SÍSMICA						
Nombre del Hospital	Numero de camas	Tipo de hospital	Propietario	Tipo de diagnóstico	Tipo de suelo	Tipo de Sismo
Hospital Naval	150	General	FFAA	Cuantitativo	Suave	III

Tabla 13 Actualización del mapa geológico de la ciudad de Guayaquil Fuente: GEOESTUDIOS S.A

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		

Tabla 14 NEC-15

Tipo de perfil	Descripción	Definición
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s > 180 \text{ m/s}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50 \text{ kPa}$

3.6 Estructuras afectadas en Chone

3.6.1 Hospital Napoleón Dávila de Chone.

Debido al terremoto del 16 de abril del 2016 hubieron daños en las edificaciones de las ciudades cercanas al epicentro y dado que el Hospital Napoleón Dávila se encontraba entre las ciudades más afectadas por el terremoto (ver ilustración 39), sufrió afectaciones en su instalación hospitalaria que impidió su operatividad.



Ilustración 39 Ubicación del Hospital Napoleón Dávila. (Google Maps)

El Hospital Napoleón Dávila de Chone ubicado en la Av. Amazonas y Manuel de Jesús Alvares tiene una referencia histórica a causa de los sismos muy importante, ya que en el 1942 existieron graves afectaciones perdiendo parte de su estructura, por lo cual el doctor Dávila Córdova director del hospital, reunió donaciones de 200 y 500 sucres para tratar de levantar uno de madera que posteriormente fue reemplazado por otro que se terminó de efectuar en 1998. Por consiguiente, esta es la estructura que no se pudo recuperar tras el sismo del 16 de abril del 2016, ya que hubo severas afectaciones en su parte estructural. Es así que un informe realizado por la Organización Panamericana de la Salud que evaluaba estos establecimientos concluyó que tanto sus cimientos, columnas y

vigas sufrieron daños muy severos y no podrían ser reparados. De esta forma su edificación de 5 pisos quedó como un rompecabezas debido a sus severos daños (ver ilustración 40). (Paucar, 2016)

La estructura del Hospital Napoleón Dávila de Chone estaba compuesta de 5 pisos divididos por bloques, los mismos que presentaron daños tanto de tipo estructural como no estructural, es decir mampostería, factores arquitectónicos, líneas vitales y equipos que significó el alto grado de vulnerabilidad que tenía la instalación médica. Además existió otros factores que contribuyeron a sus daños como el tipo de suelo sobre el que se encontraba el hospital por el que se efectuó un efecto de sitio. (Ver ilustraciones 41 y 42)



Ilustración 40 Hospital Napoleón Dávila de Chone. Daños estructurales en sus Bloques por el sismo del 16 de abril de 2016. Fuente: Ing. Alex Villacrés 2016/04/30.

Mediante perforaciones geotécnicas en el sitio del hospital Napoleón Dávila de Chone a 10 metros de profundidad señalan niveles de suelos de limos arenosos de baja a moderada plasticidad que corresponde a un suelo tipo E, que contribuyó con el efecto de sitio, el cual generó daños estructurales en la edificación, ya que mientras más blando sea el suelo donde este cimentado, se generará una mayor amplificación del suelo. (Silva M.S.c, 2017).



Ilustración 41 Hospital Napoleón Dávila de Chone. Daños estructurales debido al efecto de sitio, extraído del Informe geotécnico final hospital Napoleón Dávila.



Ilustración 42 Hospital Napoleón Dávila de Chone. Bloque más afectado, obtenido del Ing. Alex Villacrés 2016/04/30.

En las ilustraciones 43 y 44 se muestra la demolición del hospital Napoleón Dávila de Chone.



Ilustración 43 Hospital Napoleón Dávila de Chone, demolición del hospital. Obtenido del Ing. Alex Villacrés 2016/04/30.



Ilustración 44 Hospital Napoleón Dávila de Chone. Demolición de su estructura. Obtenido del Ing. Alex Villacrés 2016/04/30.

Construcción del nuevo hospital de Chone

Luego de los hechos registrados el pasado 16 de abril del 2016, en el cual resultó afectado severamente el Hospital Napoleón Dávila de Chone, se planteó la construcción de un nuevo hospital que reemplazará al antiguo, el mismo que fue ubicado en el mismo terreno del antiguo hospital Napoleón Dávila de Chone.

Para el diseño y construcción del hospital realizaron los respectivos estudios de suelos para analizar los estratos existentes en el sitio, el cual sirvió para el diseño de su cimentación. Este nuevo hospital fue diseñado de 2 tipos de estructuras, un bloque principal de 3 niveles que estaba compuesto de planta baja, 2 niveles altos y un sótano, como también de un bloque complementario compuesto de una planta baja para diversos servicios médicos. Lo que corresponde al diseño de su cimentación, debido a las magnitudes de las cargas del proyecto, el bloque principal se diseñó para una cimentación sobre pilotes según el diseño estructural y el bloque complementario conllevaba una cimentación directa superficial debido a que tenía una baja magnitud de cargas, además se realizó el respectivo mejoramiento del suelo con un material granular colocado en capas de 30 cm de espesor y compactado con el 98% mínimo de la densidad seca máxima del ensayo Proctor Modificado AASHTO-180 y con la humedad óptima del mismo ensayo. (Silva M.S.c, 2017)

Presupuesto de la construcción del nuevo Hospital de Chone

La construcción del nuevo hospital de Chone constituyó una inversión de \$ 50.312.053,38 con un plazo de 20 meses, los mismo que comenzaron después de transcurrir 30 días a partir de la firma del respectivo contrato. (El Telégrafo-Noticias del Ecuador y del mundo, 2018)

3.7 Estructuras afectadas en Manta

3.7.1 Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), de Manta.

Con la ocurrencia del sismo del pasado 16 de abril del 2016, una de las ciudades más afectadas por el terremoto fue sin duda la ciudad de Manta, la cual tuvo pérdidas significativas que afectaron en gran medida a la población. Uno de los desastres ocasionados por el sismo fue los graves daños que sufrió el Hospital del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), el cual suspendió las actividades hospitalarias y se evacuó a los pacientes a otras casas de salud.

El Hospital del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social ubicado en el sur de Manta, a lo largo de la Av. De la Cultura fue severamente dañado durante este sismo, lo cual provocó que la instalación hospitalaria quede incapaz de funcionar ya que durante un reconocimiento el 28 de abril a cargo del equipo de GEER realizaron pruebas in situ, en el cual incluyeron la onda de superficie. La finalidad de este análisis era observar y determinar los problemas que conllevaron a los severos daños estructurales de la edificación del hospital.

Lo que analizaron es que dado que el hospital tenía 5 pisos de altura, con una estimación aproximada de frecuencia natural de 2.0 Hz del edificio, la misma que estaba basada en el período estructural aproximado de 0,1 segundo por piso de altura, determinaron que el suelo blando en el cual estaba asentada la edificación al ocurrir el evento, la amplificación del sismo incremento la amplitud del movimiento del suelo a la frecuencia natural del edificio, lo cual contribuyó a los severos daños en su edificación. (Lanning et al., 2016).

Tipo de suelo del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), de Manta

Se determinó el tipo de suelo sobre el que se encontraba asentada la edificación del hospital mediante el estudio de los tipos de perfil de suelo para diseño en ciudades como Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez, las cuales fueron afectadas por el sismo del 16 de abril del 2016. Concluyendo que el suelo sobre el que estaba asentado el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) es tipo D. (Ver ilustración 45)

En la ilustración 45 se muestra el mecanismo que fue de ayuda para determinar el tipo de suelo según la ubicación del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social para llevarlo al análisis del desempeño sísmico.

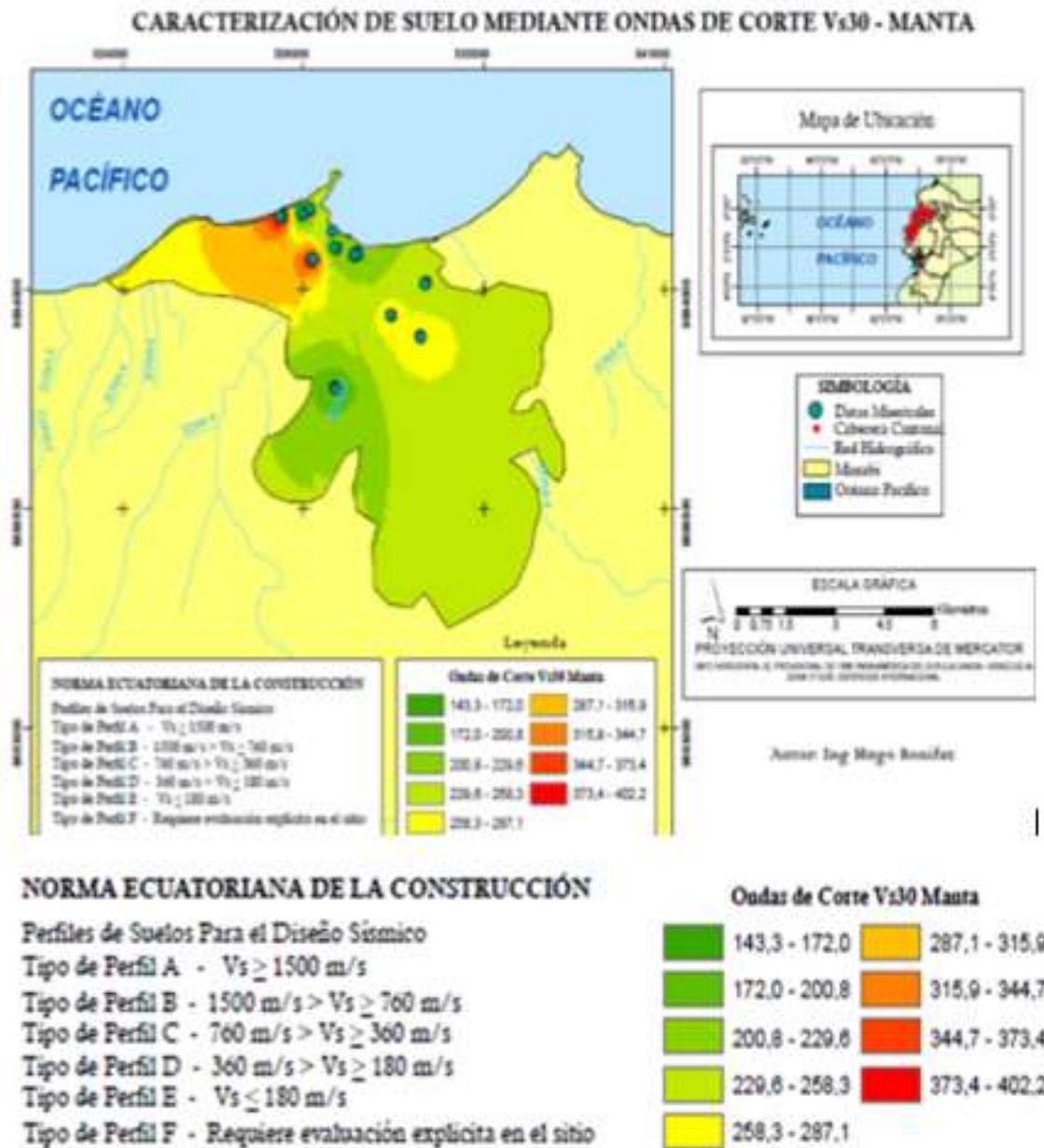


Ilustración 45 Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez ciudades afectadas por el sismo del 16 abril del 2016. Hugo Bonifaz García - Juan Haro Lescano.

En la ilustración 46 se muestra la ubicación del IESS de Manta, necesario para determinar el tipo de suelo de la cimentación.

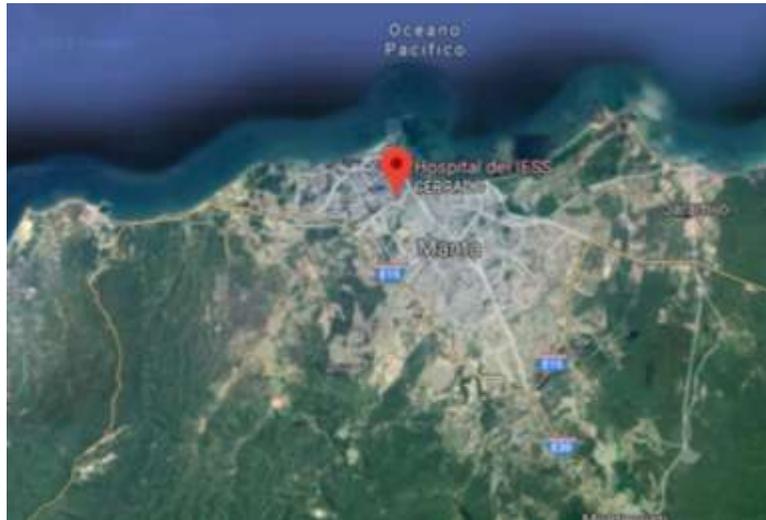


Ilustración 46 Ubicación del IESS de Manta. Fuente: Google Maps.

En la ilustración 47 se aprecia la parte posterior de un bloque del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social de Manta que sufrió afectaciones.



Ilustración 47 IESS de Manta durante el sismo del 16 de abril del 2016. Fuente: Ing. Alex Villacrés, 2016/04/28.

En las ilustraciones 48 y 49 se muestra los daños en las instalación del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social de Manta.



Ilustración 48 IESS de Manta. Edificación con marcos de concretos resistentes al momento afectado por el sismo del 2016 . Fuente: Ing. Alex Villacrés, 2016/04/28.



Ilustración 49 IESS de Manta. Vidrios rotos a consecuencia del sismo del 16 de abril de 2016. Fuente: Ing. Alex Villacrés, 2016/04/28.

Continuando con los daños, podemos observar en las ilustraciones 50 y 51 el impacto del terremoto sobre la instalación del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.



Ilustración 50 IESS de Manta. Escalera dañada y con escombros. Fuente: Ing. Alex Villacrés, 2016/04/28.



Ilustración 51 IESS de Manta. Ductos caídos en la edificación, extraído de informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.

Generalmente en el hospital los equipos de ventilación, calefacción y aire acondicionado no estaban adecuadamente anclados, las unidades de aire acondicionado normalmente se colocan en el techo de los edificios, pero cuando están mal ancladas pueden caer (ver ilustración 52). Además lo que corresponde al equipo mobiliario tampoco se encontraron bien anclados (ver ilustración 53). (Lanning et al., 2016)



Ilustración 52 IESS de Manta. Equipos de calefacción, ventilación y aire acondicionado estaban mal anclados, extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE, April 16th 2016.



Ilustración 53 IESS de Manta. Equipo mobiliario desplazado debido a un mal anclaje extraído del informe GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016

Además, podríamos recalcar que la construcción del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social no fue informal, pero a través del sismo se vió identificado que la calidad en la construcción fue baja, lo cual contribuyó de igual manera a los severos daños en la edificación.

Se recalca la evidencia de exposición al corrugado ocasionado por una falta de cubierta de concreto adecuada, como también la presencia de juntas frías a lo largo de las vigas o cerca de la columna de vigas articuladas (ver ilustración 54). (Lanning et al., 2016)



Ilustración 54 IESS de Manta, se observa exposición de barras de refuerzo y la presencia de juntas frías en las vigas, extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.

Daños estructurales considerables en el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), de Manta.

A pesar de que el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social es una estructura de ocupación esencial que debe elevar el nivel de protección ante un terremoto, resultó severamente afectado en su estructura por diferentes factores de riesgos sísmicos.

La edificación estaba compuesta de 2 bloques, en la parte de 2 pisos del hospital, se encontró una formación significativa de bisagras en la columna de vigas. Además, en la parte de 5 pisos de la instalación médica hubo desprendimiento de hormigón en algunas vigas y como también en losas de escaleras. Posteriormente evidenciaron en el tercer piso algunas vigas con grandes grietas por flexión en la interfaz de la viga – columna de la edificación. (Lanning et al., 2016).

En las ilustraciones 55 y 56 se muestra los daños a nivel de columnas y en la interfaz de la viga – columna de la edificación.



Ilustración 55 IESS de Manta. Se observa daños encima de las columnas en el bloque de 2 pisos del hospital. (Fuente: GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.



Ilustración 56 IESS de Manta. Grietas en las juntas de viga-columna en el piso 2 del bloque de 5 pisos, extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016, Muisne.

Daños no estructurales considerables en el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), de Manta.

Lo que comprende los daños de tipo no estructural, la mayoría de ellos fueron desprendimientos de paredes, en donde observamos que eran tanto de bloques de hormigón como de ladrillo, en el interior y exterior del hospital (ver ilustración 57). De igual forma en la edificación hubo desprendimientos de ductos, tuberías y tumbados falsos.



Ilustración 57 IESS de Manta. Aparición de ladrillos de hormigón que fueron utilizados en la fachada del hospital, extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.

En las ilustración 58 se muestra que las paredes no tenían una altura completa, ni se encontraban apoyadas horizontalmente.



Ilustración 58 IESS de Manta. Las paredes no tenían una altura completa ni están apoyadas horizontalmente, extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.

En la ilustración 59 se identifica que tanto los ductos de líneas vitales y tuberías están desprendidos a consecuencia del sismo del 16 de abril de 2016.



Ilustración 59 IESS de Manta. Ductos, tuberías y techos desprendidos extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.

Presupuesto de construcción del nuevo hospital en el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), de Manta.

El monto para una edificación de 3 niveles fue de \$ 63,9 millones en infraestructura, equipamiento y su respectivo mantenimiento de 5 años. (El Telégrafo-Noticias, 2018)

3.7.2 Hospital Rodríguez Zambrano.

Debido al sismo del 16 de abril de 2016 otra instalación médica fue afectada aunque en menor impacto por el movimiento telúrico, este es el caso del hospital Rodríguez Zambrano de Manta ubicado en el barrio de Buena Vista (ver ilustración 60), que presentó afectaciones menores que no contribuyeron a dañar su estructura, ya que sus daños se centraron de manera superficial con grietas y fisuras en sus elementos no estructurales.

La instalación del hospital Rodríguez Zambrano se dividía en unas pocas estructuras de hormigón armado, es decir lo que comprendía un edificio de 3 pisos hasta un edificio de 7 pisos. Además, parte de lo que comprende este hospital se construyó con marcos de concretos resistentes al momento (ver ilustración 62) y lo que comprende la instalación de 3 pisos tenía un marco de acero adicional. (Lanning et al., 2016).

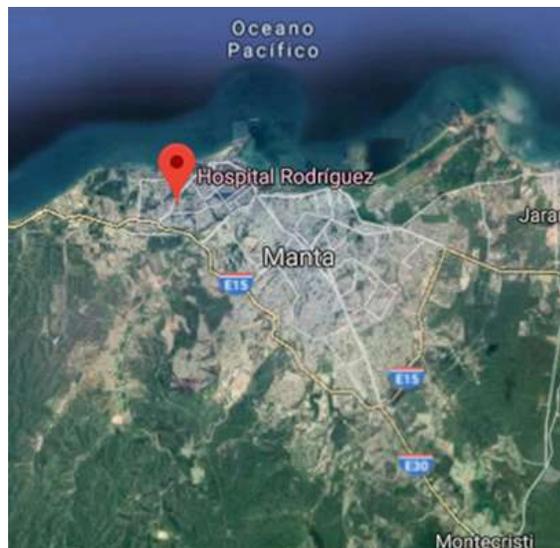


Ilustración 60 Ubicación del Hospital Rodríguez Zambrano. (Google Maps)

Tipo de suelo del Hospital Rodríguez Zambrano

Se determinó el tipo de suelo sobre el que se encontraba el hospital mediante el estudio de los tipos de perfil de suelo para diseño en ciudades como Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez, las cuales fueron afectadas por el sismo del 16 de abril del 2016. De acuerdo al estudio del suelo mediante ondas de corte en Manta, se determinó que el Hospital Rodríguez Zambrano esta sobre suelo tipo B. (Ver ilustración 61)

En la ilustración 61 se muestra el mecanismo que fue de ayuda para determinar el tipo de suelo según la ubicación del Hospital Rodríguez Zambrano para llevarlo al análisis del desempeño sísmico.

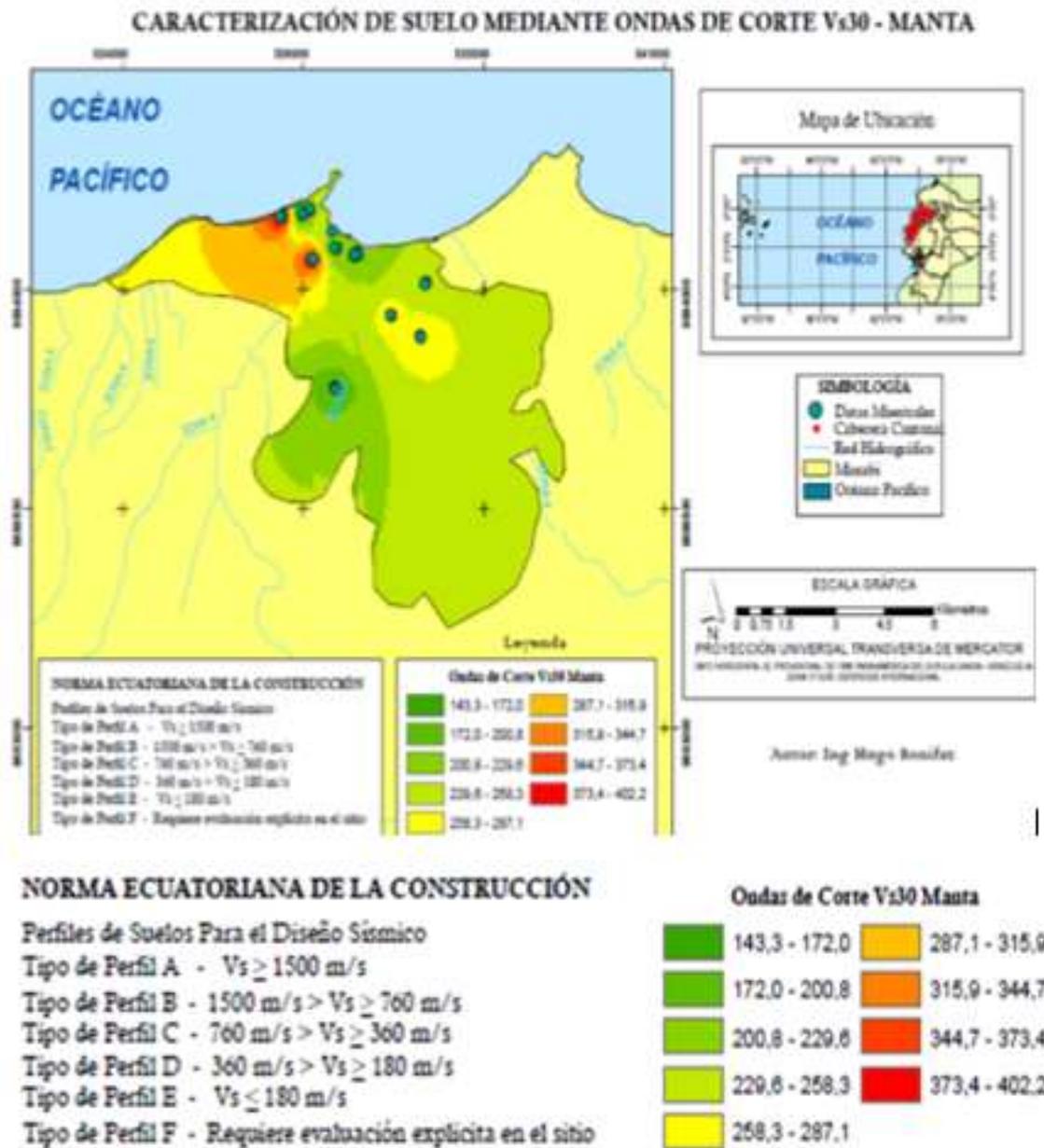


Ilustración 61 Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez ciudades afectadas por el sismo del 16 abril del 2016. Hugo Bonifaz García - Juan Haro Lescano.



Ilustración 62 Hospital Rodríguez Zambrano de Manta, extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.

Daños estructurales en el Hospital Rodríguez Zambrano

Según el análisis empleado por el equipo de reconocimiento en el sitio, determinaron que la estructura de la instalación hospitalaria fue en buena condición (Ver ilustración 63). (Lanning et al., 2016)



Ilustración 63 Hospital Rodríguez Zambrano. La estructura se encontraba en buena condición. Fuente: Ing. Alex Villacrés 2016/04/28.

Daños no estructurales en el Hospital Rodríguez Zambrano

Los daños en los elementos no estructurales del Hospital Rodríguez Zambrano básicamente fueron fisuras y grietas en las paredes como se van a observar en las siguientes figuras y a su vez recalcar que esto no ocurrió en toda la edificación sino que fue centralizado en ciertas áreas del establecimiento. (Ver ilustraciones 64, 65, 66 y 67)



Ilustración 64 Hospital Rodríguez Zambrano. Grietas de tensión cruzada en paredes interiores, extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.



Ilustración 65 Hospital Rodríguez Zambrano de Manta. Grietas en paredes del hospital. Fuente: Ing. Alex Villacrés 2016/04/28



Ilustración 66 Hospital Rodríguez Zambrano de Manta. Revestimiento de las paredes interiores estaba compuesto de arcilla hueca, extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.



Ilustración 67 Hospital Rodríguez Zambrano de Manta. Se observan que esta área solía tener paredes no estructurales que se cayeron durante el sismo. (Fuente: GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.

Lo que comprende al equipo de iluminación se encontraba bien anclado en el techo por lo que no se cayó (ver ilustración 68). (Lanning et al., 2016)



Ilustración 68 Hospital Rodríguez Zambrano. Equipamiento médico, extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.

Presupuesto de reconstrucción del Hospital Rodríguez Zambrano

El presupuesto para la reconstrucción y remodelación de la instalación hospitalaria fue de \$27'533.255,55 y su plazo de ejecución era de 540 días. (Jaramillo Hurtado, 2019)

3.7.3 Clínica Manta.

La clínica Manta es otra de la infraestructura gravemente dañada a consecuencia del sismo del 16 de abril del 2016, debido a que se encontraba entre las ciudades más afectadas por el terremoto (ver ilustración 69).

La edificación estaba compuesta de dos edificios, uno de ellos fue declarado pérdida total. Miguel Andrade propietario de la casa de salud señaló que además de los daños en su edificación, sufrió saqueos de los equipos médicos. (Diario El Universo de Guayaquil, 2016)



Ilustración 69 Ubicación de la Clínica Manta. Fuente: Google Maps.

Tipo de suelo de la Clínica Manta

Se determinó el tipo de suelo sobre el que se encontraba asentada la Clínica Manta mediante el estudio de los tipos de perfil de suelo para diseño en ciudades como Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez, las cuales fueron afectadas por el sismo del 16 de abril del 2016. Mediante este análisis de los perfiles del tipo de suelo para la ciudad de Manta determinamos que la Clínica Manta estaba sobre un suelo tipo D. (Ver ilustración 70)

En la ilustración 70 se muestra el mecanismo que fue de ayuda para determinar el tipo de suelo según la ubicación del Clínica Manta para llevarlo al análisis del desempeño sísmico.

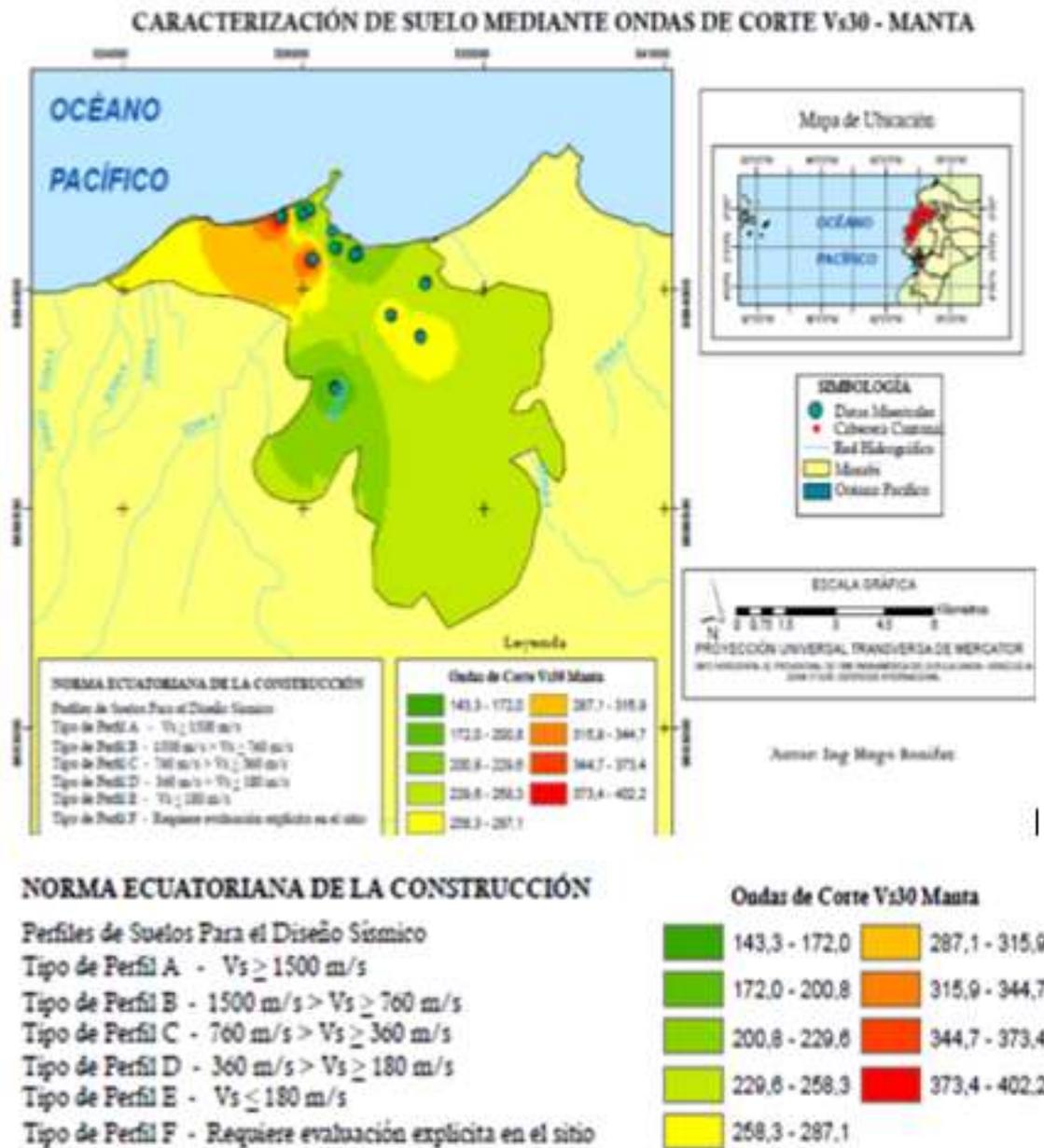


Ilustración 70 Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez ciudades afectadas por el sismo del 16 abril del 2016. Hugo Bonifaz García - Juan Haro Lescano.

En las ilustraciones 71 y 72 se muestra el nivel de daño en la Clínica Manta a causa del sismo del 16 de abril de 2016.



Ilustración 71 Clínica Manta. Edificación no operativa luego del sismo del 16 de abril de 2016. Fuente: Ing. Alex Villacrés 2016/05/08.



Ilustración 72 Clínica Manta, severamente dañada por el sismo del 2016. Fuente: Ing. Alex Villacrés 2016/05/08

Producto de los severos daños producidos por el sismo del 16 de abril del 2016, la Clínica Manta presentó severas complicaciones en su estructura que impidieron su rehabilitación ya que no podía seguir operando como un centro medico, por ende la edificación fue demolida y se muestra a continuación una parte del proceso de su demolición. (Ver ilustración 73)



Ilustración 73 Clínica Manta fue demolida a consecuencia del sismo del 16 de abril del 2016. Fuente: Ing. Alex Villacrés 2016/05/08.

Farmacias afectadas en Manta

3.7.4 Farmacia Atenas.

Las farmacias también resultaron con severos daños en sus instalaciones, como es el caso de la farmacia Atenas que tenía lugar en la planta baja de una edificación de 4 pisos. Esta estructura presentó severas fisuras y desprendimiento de paredes especialmente en la planta baja donde funcionaba la farmacia. Por ende, la farmacia no pudo continuar con sus servicios de medicinas. (Ver ilustraciones 74 y 75)



Ilustración 74 Farmacia Atenas, grietas en planta baja debido al sismo del 16 abril de 2016. Fuente: Ing. Alex Villacrés 2016/04/29.



Ilustración 75 Farmacia Atenas. Desprendimiento en paredes, debido al sismo del 16 abril de 2016. Fuente: Ing. Alex Villacrés 2016/04/29

3.7.5 Farmacia Económica.

La farmacia económica se encontraba ubicada en la planta baja de un edificio de 6 pisos de ocupación mixta en Tarqui, Manta. Esta edificación muestra desprendimiento en la parte inferior de las columnas del primer piso (Ver ilustración 76 y 77). (Lanning et al., 2016)



Ilustración 76 Farmacia Económica. Daños especialmente en la planta baja. Extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016

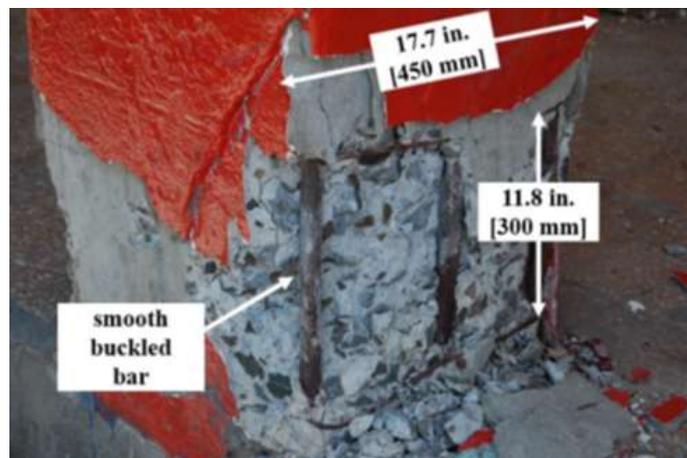


Ilustración 77 Farmacia Económica. Desprendimiento en la parte inferior de columnas. Extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.

3.8 Estructuras afectadas en Bahía de Caráquez

3.8.1 Hospital Miguel H. Alcívar de Bahía de Caráquez.

El sismo del 16 de abril del 2016 tuvo gran impacto en diferentes ciudades y poblaciones cercanas al epicentro del sismo, dando lugar también a la afectación del hospital Miguel H. Alcívar de Bahía de Caráquez. (Ver ilustración 81)

Es importante recalcar que esta casa hospitalaria fue afectada por el pasado sismo de 1998, en el cual hubo severos daños en sus elementos estructurales y no estructurales, lo que imposibilitó funcionar por un lapso de 4 años (ver ilustración 78). Después de la ocurrencia del sismo de 1998, el Ministerio de Salud Pública del Ecuador realizó un proyecto que consistía en crear una estructura monolítica con los bloques existentes, esto estaba basado en columnas encamisadas y paredes de concreto, por lo que este proyecto tenía la finalidad de fortalecer la estructura del hospital. (Lanning et al., 2016).

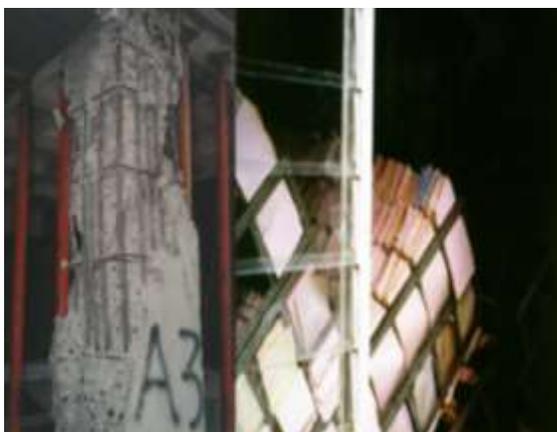


Ilustración 78 Hospital Miguel H. Alcívar. Daños estructurales y no estructurales ocasionados por el sismo de 1998. Extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.

Como mencionamos anteriormente la historia de los sismos en el hospital Miguel H. Alcívar de Bahía de Caráquez son muy relevantes por sus daños y debido al sismo del 16 de abril del 2016, las instalaciones del hospital tuvieron afectaciones de gran proporción en elementos no estructurales que impidieron seguir operativo ante las diferentes emergencias médicas. Además debemos acotar que los daños de tipo estructural no fueron considerables. (Ver ilustraciones 79 y 80)



Ilustración 79 Hospital Miguel H. Alcívar. Extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.



Ilustración 80 Hospital Miguel H. Alcívar, daños a nivel del suelo. Extraído del informe del GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016.

Tipo de suelo del Hospital Miguel H. Alcívar de Bahía de Caráquez

Se determinó el tipo de suelo sobre el que se encontraba el Hospital Miguel H. Alcívar mediante el estudio de los tipos de perfil de suelo para diseño en ciudades como Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez, las cuales fueron afectadas por el sismo del 16 de abril del 2016. Por lo tanto, se determina que el Hospital Miguel H. Alcívar de Bahía de Caráquez se encuentra sobre un suelo tipo D. (Ver ilustración 82)



Ilustración 81 Ubicación del Hospital Miguel H. Alcívar (Google Maps)

En la ilustración 82 se muestra el mecanismo que fue de ayuda para determinar el tipo de suelo según la ubicación del Hospital Miguel H. Alcívar de Bahía de Caráquez , con la finalidad de llevarlo al análisis del desempeño sísmico.

CARACTERIZACIÓN DE SUELO MEDIANTE ONDAS DE CORTE V_s30 - BAHÍA DE CARAQUEZ

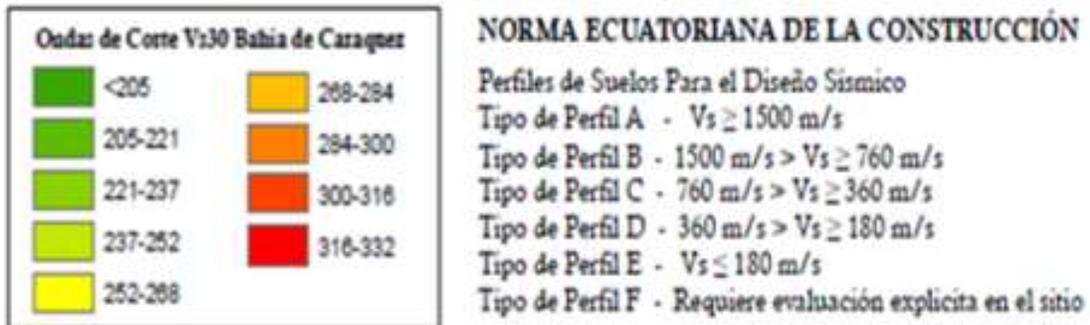
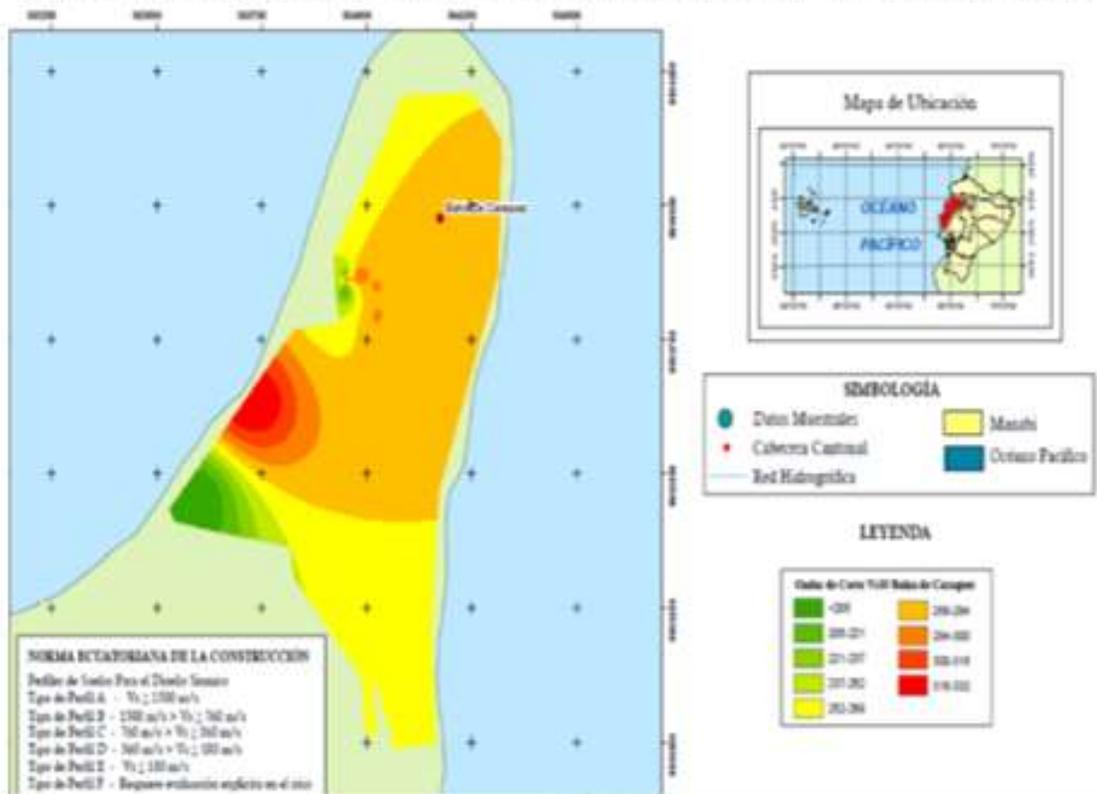


Ilustración 82 Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caraquez ciudades afectadas por el sismo del 16 abril del 2016. Hugo Bonifaz García - Juan Haro Lescano.

Demolición del Hospital Miguel H. Alcívar de Bahía de Caráquez.

Producto de los severos daños producidos en la instalación médica, el MIDUVI realizó la contratación de la consultora SOLEICO responsable de las inspecciones y estudios de todas las edificaciones que estén compuestas de 4 pisos o más, en el cual se determinó que la estructura del hospital Miguel Alcívar de Bahía de Caráquez no servía para operar como centro médico. Además, el plazo de su demolición fue de 30 días. (El Diario, Grupo Ediasa S.A, 2017)

En la lustración 83 se muestra parte del proceso de demolición del Hospital Miguel H. Alcívar de Bahía de Caráquez:



Ilustración 83 Hospital Miguel H. Alcívar. Demolición del hospital. Fuente: Ing. Alex Villacrés 2017/04/30

Presupuesto de reconstrucción

La construcción de un nuevo hospital, pero no en el mismo terreno debido a su irregularidad, fue de 42 millones de dólares, la misma que estaba compuesta de 180 camas y un plazo de ejecución de 18 meses. (El Diario, Grupo Ediasa S.A, 2019)

3.9 Estructuras afectadas en Portoviejo

3.9.1 Hospital de SOLCA.

Con la tragedia ocurrida el pasado 16 de abril del 2016, el Hospital Julio Villacreses Colmont de Portoviejo (ver ilustración 84), resultó afectada tras el sismo, ya que se encontraba entre las ciudades donde el sismo causó mayor impacto, por ende esta edificación sufrió afectaciones que requirió restringir ciertas áreas por sus daños.

Luego del sismo la instalación médica se encontró inhabilitada en aproximadamente el 75% de su estructura. Esto conllevó a derivar ciertos pacientes a otras casas médicas. Según el presidente de la institución, Santiago Guevara, explicó que el hospital continuó brindando atención a los pacientes oncológicos que lo necesitaban y esto se realizaba solo en el área de emergencia, debido a que en el área de consulta externa se realizaban adecuaciones para pacientes que requerían hospitalización. Entre las áreas más afectadas por el sismo fueron las de hospitalización, quirófanos e imagenología, además, gran parte de las tuberías de oxígeno, agua se encontraban con afectaciones, como también severos daños en sus 3 ascensores. (Redaccion Medica, 2016).



Ilustración 84 Ubicación del Hospital de SOLCA. (Google Maps)

Tipo de suelo del Hospital de Solca

Se determinó el tipo de suelo sobre el que se encontraba asentado el Hospital de Solca, mediante el estudio de los tipos de perfil de suelo para diseño en ciudades como Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez, las cuales fueron afectadas por el sismo del 16 de abril del 2016. Por ende, el Hospital de Solca se encuentra sobre un suelo tipo D. (Ver ilustración 85)

A continuación se muestra el mecanismo que fue de ayuda para determinar el tipo de suelo según la ubicación del Hospital de Solca, con la finalidad de llevarlo al análisis del desempeño sísmico.

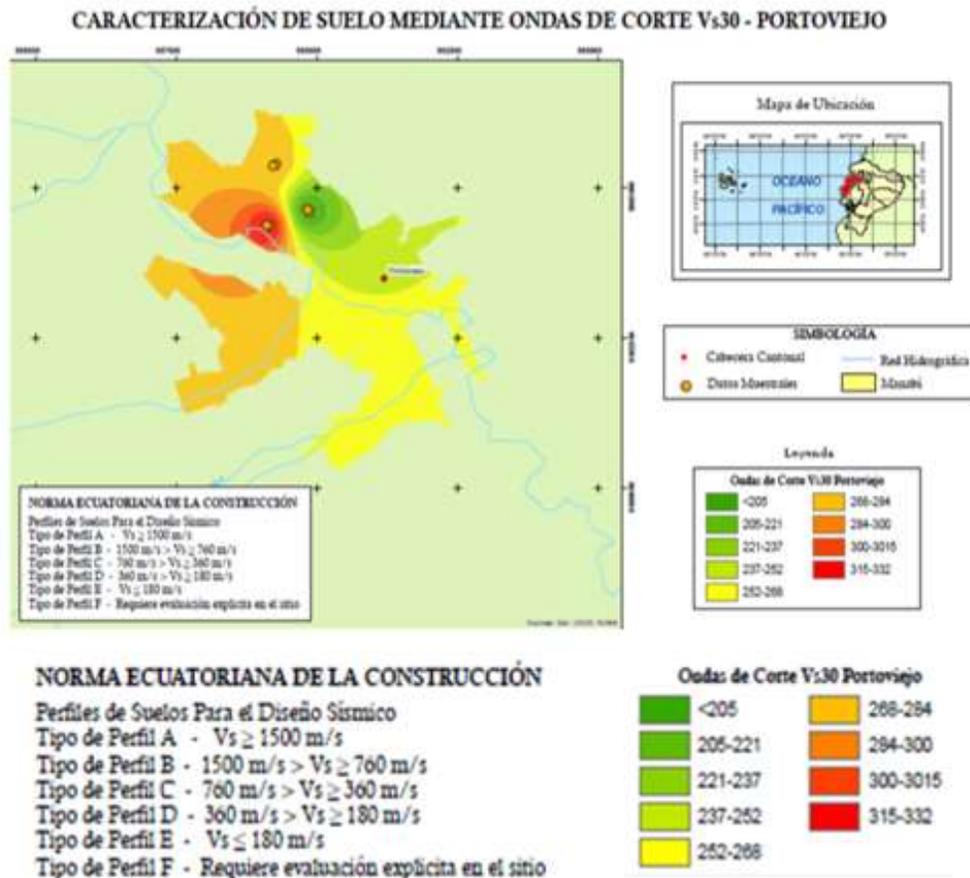


Ilustración 85 Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez ciudades afectadas por el sismo del 16 abril del 2016. Hugo Bonifaz García - Juan Haro Lescano.

A través de un informe técnico determinaron que el hospital sufrió daños estructurales en portería, además se evidenció paredes fisuradas (ver ilustraciones 86 y 87). Por lo que parte de su instalación quedó inoperativa, pero se pudo dar atención en otras áreas. (El Diario, Grupo Ediasa S.A, 2016)



Ilustración 86 Hospital Solca, Portoviejo. Fisuras en las paredes de la instalación médica por el sismo del 16 de abril de 2016. Fuente: Ing. Alex Villacrés 2016/06/02



Ilustración 87 Hospital Solca, Portoviejo. Desprendimiento en paredes por el sismo del 16 de abril de 2016. Extraído del diario El Diario, Grupo Ediasa S.A, 2016

En las ilustración 88 se muestran los daños en la parte externa del hospital SOLCA debido al sismo del 16 de abril de 2016.



*Ilustración 88 Hospital SOLCA, Portoviejo. Instalación médica inhabilitada un 75%.
Extraído del Canal Oficial Ecuavisa 21/04/2016.*

Presupuesto de reconstrucción

Lo que comprende a la reconstrucción del Hospital SOLCA fue de \$3'300.000, además la inversión de equipos es de \$1'500.000. Estos montos fueron asumidos por la aseguradora privada que tenía el hospital. (el Diario Ecuador S.A, 2017)

3.10 Clínicas afectadas en Portoviejo

3.10.1 Clínica Santa Margarita.

No solo los hospitales resultaron afectados por el sismo del 16 de abril de 2016, ya que también sufrieron afectaciones las clínicas, como es el caso de la Clínica Santa Margarita en Portoviejo (ver ilustración 89), que estaba compuesta de dos bloques que se conectaban por medio de un puente de comunicación y producto del sismo uno de ellos resultó más afectado. (Ver ilustración 91)

Uno de los bloques anteriormente mencionados resultó con severos daños en su instalación, lo que produjo la demolición de dos losas. Por otra parte, el bloque no afectado continuó operativo luego del sismo. (Loaiza Tacur, 2018)



Ilustración 89 Ubicación Clínica Santa Margarita. (Google Maps)

Tipo de suelo de la Clínica Santa Margarita

Se determinó el tipo de suelo sobre el que se encontraba asentada la Clínica Santa Margarita, mediante el estudio de los tipos de perfil de suelo para diseño en ciudades como Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez, las cuales fueron afectadas por el sismo del 16 de abril del 2016. Por ende, la Clínica Santa Margarita se encuentra sobre un suelo tipo D. (Ver ilustración 90)

En la ilustración 90 se muestra el mecanismo que fue de ayuda para determinar el tipo de suelo según la ubicación de la Clínica Santa Margarita en Portoviejo, con la finalidad de llevarlo al análisis del desempeño sísmico.

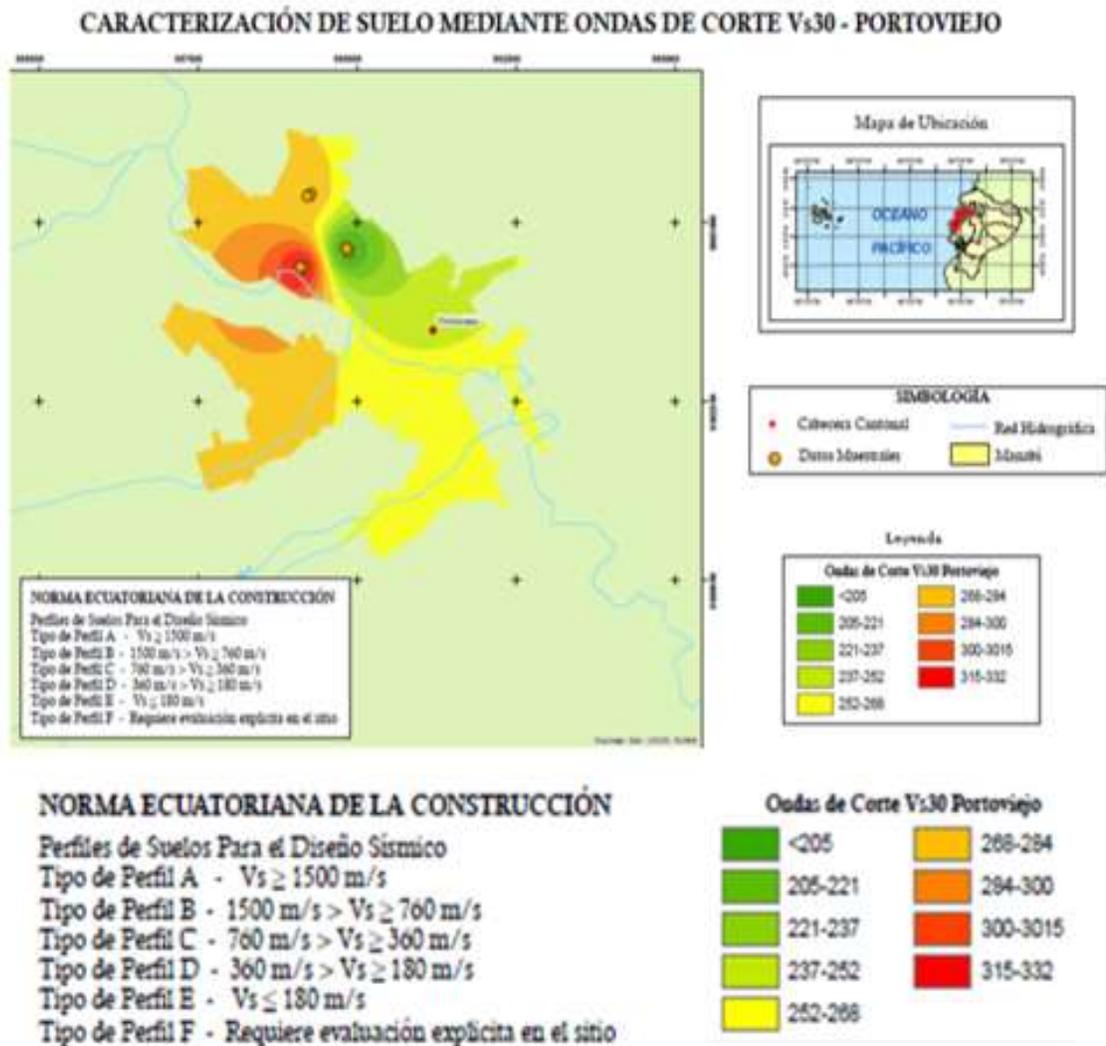


Ilustración 90 Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez ciudades afectadas por el sismo del 16 abril del 2016. Hugo Bonifaz García - Juan Haro Lescano.

En la ilustración 91 podemos apreciar cual bloque de la Clínica Santa Margarita fue el más afectado por el sismo del 16 de abril de 2016.



Ilustración 91 Clínica Santa Margarita. Fuente: Loaiza Tacury, Jefferson Ronald - 13 de marzo del 2018.

Por medio de una evaluación que categorizaba los daños generados por el sismo, determinaron que uno de los bloques de la Clínica Santa Margarita no podía seguir operativo ante las emergencias médicas debido a sus daños. Por ende le clasificaron con etiqueta roja con la finalidad de parar sus actividades y realizar posteriormente las reparaciones que necesitaba la estructura.

Además, el bloque no afectado de la Clínica Santa Margarita a través de la misma inspección antes mencionada señalaba que no tuvo prácticamente ningún tipo de afectación y se le otorgo el sello verde para continuar operando con normalidad. (El Diario S.A, 2016)

Presupuesto de reconstrucción

La rehabilitación de la clínica fue de \$600.000 informo el dueño de la casa de salud el señor Álvaro Párraga. (Loaiza Tacur, 2018)

3.10.2 Farmacia San Gregorio de Portoviejo.

La Farmacia San Gregorio comprendía una estructura de 5 pisos de hormigón que se localizaba en la av. Manabi y Alahuela en Portoviejo (ver ilustración 92). Esta edificación tenía más de 30 años y durante el sismo del 16 de abril del 2016 sufrió daños muy severos en su instalación, lo cual causó el colapso de la misma. (Ver ilustración 95)



Ilustración 92 Ubicación de la farmacia San Gregorio.(Google Maps)

Tipo de suelo de la Farmacia San Gregorio de Portoviejo

Se determinó el tipo de suelo sobre el que se encontraba asentada la Farmacia San Gregorio, mediante el estudio de los tipos de perfil de suelo para diseño en ciudades como Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez, las cuales fueron afectadas por el sismo del 16 de abril del 2016. Por ende, la Farmacia San Gregorio de Portoviejo se encuentra sobre un suelo tipo D. (Ver ilustración 93)

En la ilustración 93 se muestra el mecanismo que fue de ayuda para determinar el tipo de suelo según la ubicación de la Farmacia San Gregorio de Portoviejo, con la finalidad de llevarlo al análisis del desempeño sísmico.

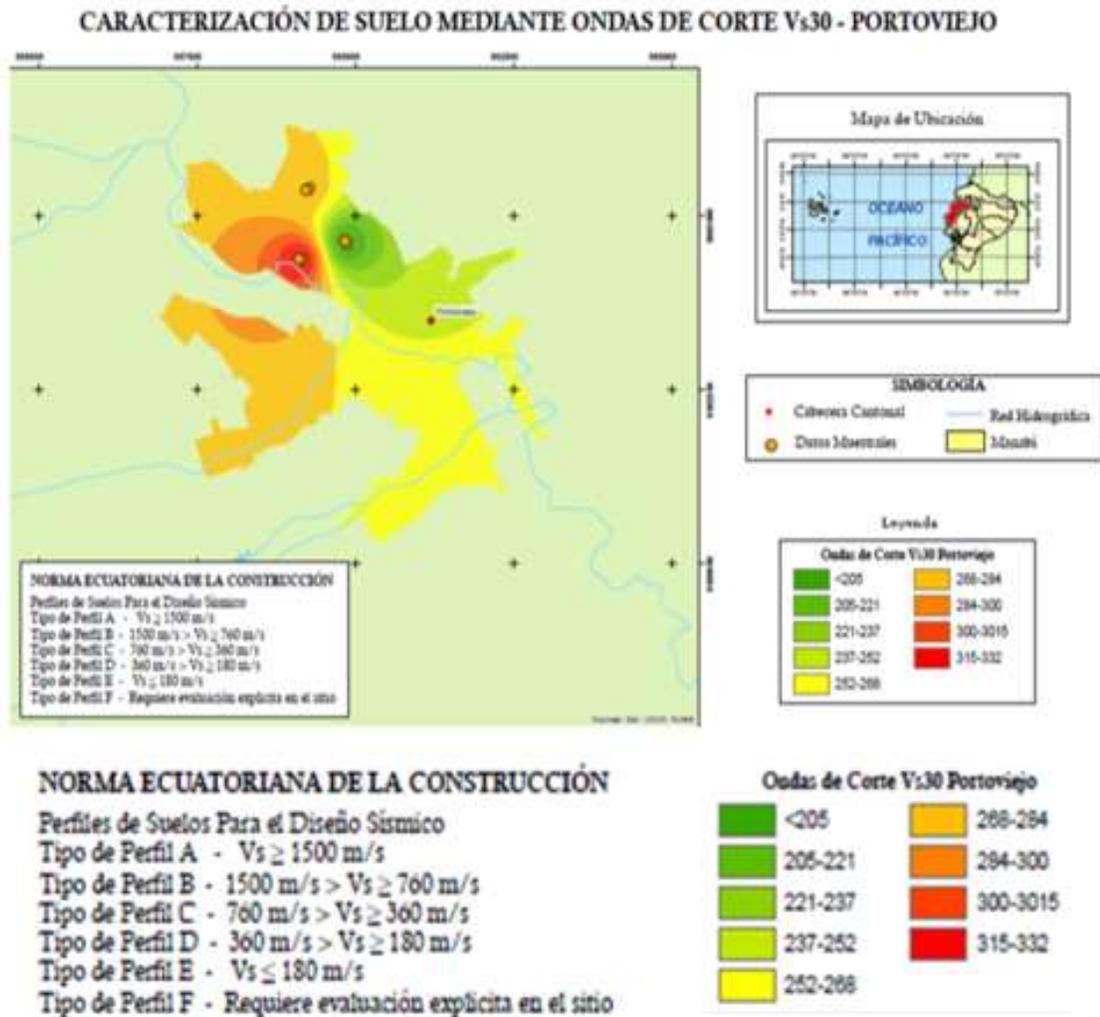


Ilustración 93 Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez ciudades afectadas por el sismo del 16 abril del 2016. Hugo Bonifaz García - Juan Haro Lescano.

En la ilustración 94 se muestra un análisis de la farmacia San Gregorio, exponiendo las fallas que contribuyeron al colapso de la estructura.

Farmacia San Gregorio				
Tabla 8 Ficha Técnica de Farmacia San Gregorio				
Material	# de Pisos	años	Ubicación	Dirección
Hormigón estructural	4 pisos	Más de 30 años	Esquinero	Av Manabí y Alahuela
Tipología		Falla		
Sistema estructural de vigas y columnas		Falta de redundancia estructural, las columnas esquineras no se hicieron por razones arquitectónicas, el volado tuvo deflexión y se reforzó con columnas de acero a partir del primer piso columnas si debido confinamiento.		
Cimentación		Observaciones		
Plintos Aislados conectados con vigas		Los pisos superiores habían sido reforzados con una columna de acero por la deflexión del volado, el edificio cayó (figura 18.a) hacia la esquina por la posición que quedaron las columnas y según testigos que lo vieron caer se "mecía" hacia la esquina. El edificio tenía mezanine.		

Ilustración 94 Extraído del Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016. Enero 2016.



Ilustración 95 Extraído del Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016. Enero 2016.

3.10.3 Clínica San Antonio.

La Clínica San Antonio de Portoviejo es otra casa de salud que fue afectada por el pasado sismo del 16 de abril de 2016, estaba localizada en la Av. Paulo Emilio Macias en Portoviejo (ver ilustración 96). Esta edificación comprendía de una estructura de 5 pisos de hormigón, la cual resultó con severos daños en sus instalaciones por deficiente confinamiento en sus columnas, lo que produjo un colapso parcial de sus elementos estructurales y no estructurales. (Ver ilustración 99)



Ilustración 96 Ubicación de la Clínica San Antonio. (Google Maps)

Tipo de suelo de la Clínica San Antonio

Se determinó el tipo de suelo sobre el que se encontraba asentada la Clínica San Antonio, mediante el estudio de los tipos de perfil de suelo para diseño en ciudades como Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez, las cuales fueron afectadas por el sismo del 16 de abril del 2016. Por ende, la Clínica San Antonio se encuentra sobre un suelo tipo D. (Ver ilustración 97)

En la ilustración 97 se muestra el mecanismo que fue de ayuda para determinar el tipo de suelo según la ubicación de la Clínica San Antonio, con la finalidad de llevarlo al análisis del desempeño sísmico.

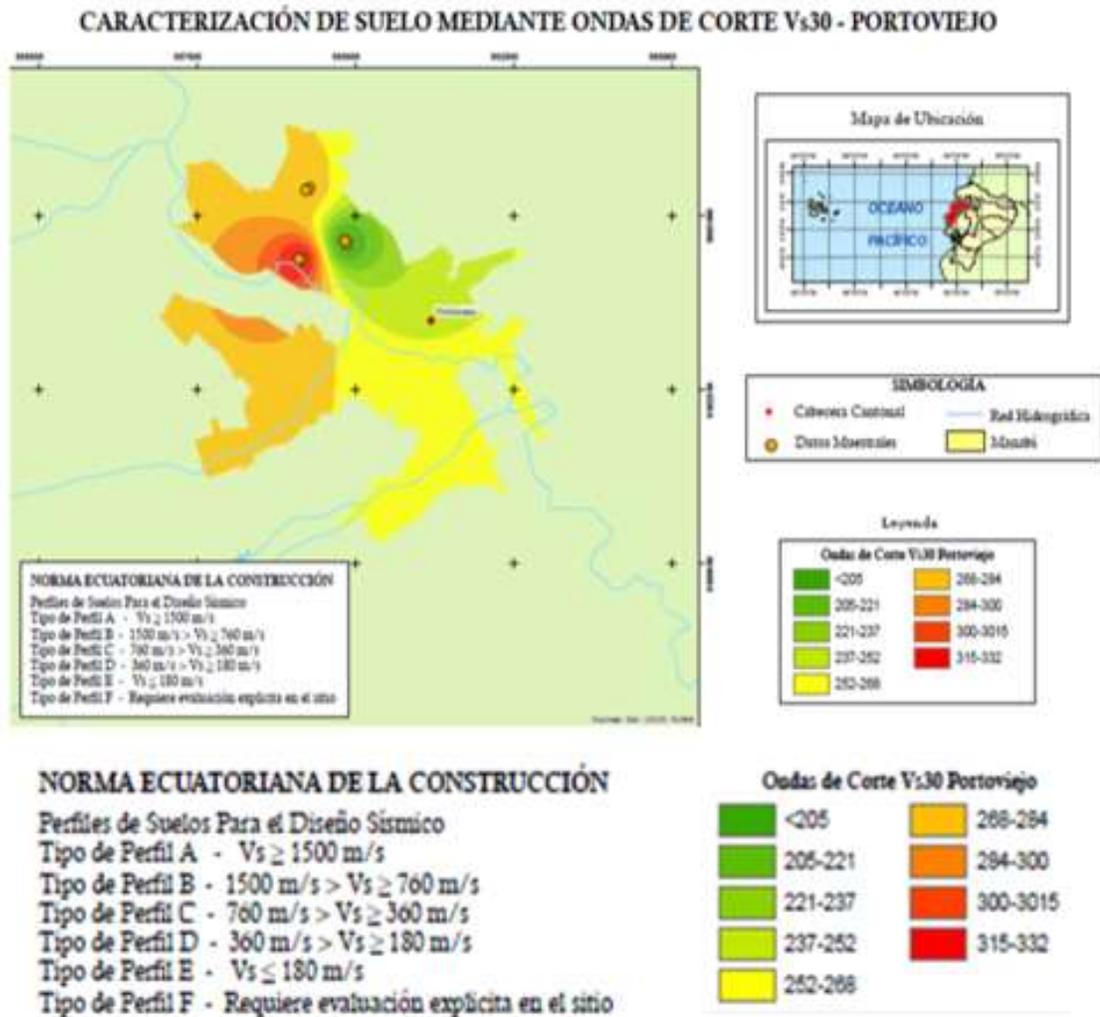


Ilustración 97 Tipos de perfil de suelo para diseño sísmico en Manta, Portoviejo, Chone y Bahía de Caráquez ciudades afectadas por el sismo del 16 abril del 2016. Hugo Bonifaz García - Juan Haro Lescano.

En la ilustración 98 se muestra un análisis de la Clínica San Antonio, exponiendo las fallas que contribuyeron al colapso de la estructura.

Clínica San Antonio				
Tabla 9 Ficha Técnica de Clínica San Antonio				
Material	# de Pisos	años	Ubicación	Dirección
Hormigón estructural	5 pisos	Más de 10 años	Medianero	Av Paulo Emilio Macías
Tipología		Falla		
Sistema estructural de vigas y columnas		Falla de columnas por deficiente confinamiento, piso débil. Se evidencia en la figura 19.a viga fuerte columna débil.		
Cimentación		Observaciones		
Zapatatas corridas en ambas direcciones		El piso que falló tenía una gran abertura en la losa a diferencia de los inferiores que eran llenos (con excepción de la grada), cambio de rigidez de los pisos superiores por cambio del sistema constructivo de losas alivianadas de hormigón estructural a steel deck.		

Ilustración 98 Extraído del Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016. Enero 2016.



Ilustración 99 Extraído del Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016. Enero 2016.

4 CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

La recopilación de información de los diferentes sismos ocurridos en Ecuador a partir de 1977, se basó en un análisis de los daños estructurales y no estructurales de las diferentes edificaciones esenciales en estudio, a través de fuentes como diarios, publicaciones de medios de comunicación, estudios realizados en los sitios afectados e inspecciones en las áreas de las edificaciones esenciales para medir los efectos que se produjeron con los diferentes sismos ocurridos en nuestro territorio.

Una vez recopilada la información antes mencionada se clasifican las edificaciones a estudiar y el sitio donde se encuentran las mismas para poder desarrollar los espectros de Curvas de Peligro Sísmico dada para cada ciudad capital, lo cual nos proporciona la Norma Ecuatoriana de la Construcción en el capítulo de Peligro Sísmico, Diseño Sismo Resistente.

A través de la elaboración de los espectros de Curvas de Peligro Sísmico determinamos los PGA en roca para los diferentes tipos de sismos como son: Frecuente, Ocasional, Raro y Muy raro, los mismos que utilizamos para armar los espectros de diseño que depende del tipo de suelo sobre el que se asientan las edificaciones estudiadas de acuerdo a la clasificación de la NEC-15 (suelos tipo A, B, C, D, E, F) y el parámetro Z obtenido de los espectros de Curvas de Peligro Sísmico.

Luego esta información se relacionará con los registros de movimientos del suelo durante el sismo, por medio de la red de estaciones del Instituto Geofísico Nacional (IGN), las cuales se encuentran sobre suelos firmes, suelos blandos o granulares. Adicionalmente para complementar esta información determinamos el período de vibración de las estructuras esenciales a estudiar.

De esta forma podremos determinar qué tipo de sismo que ocurrió en las diferentes edificaciones esenciales mencionadas anteriormente, para que, de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Construcción en el Capítulo de Peligro Sísmico, Diseño Sismo Resistente determinar si cumplió o no con un adecuado desempeño sísmico. Además, también se obtendrá las derivas elásticas e inelásticas de cada edificación analizada para compararlas para la máxima deriva establecida por la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

4.1 Red de estaciones sísmicas distribuidas en Ecuador.

En la ilustración 100 se muestra las diferentes estaciones distribuidas en Ecuador.

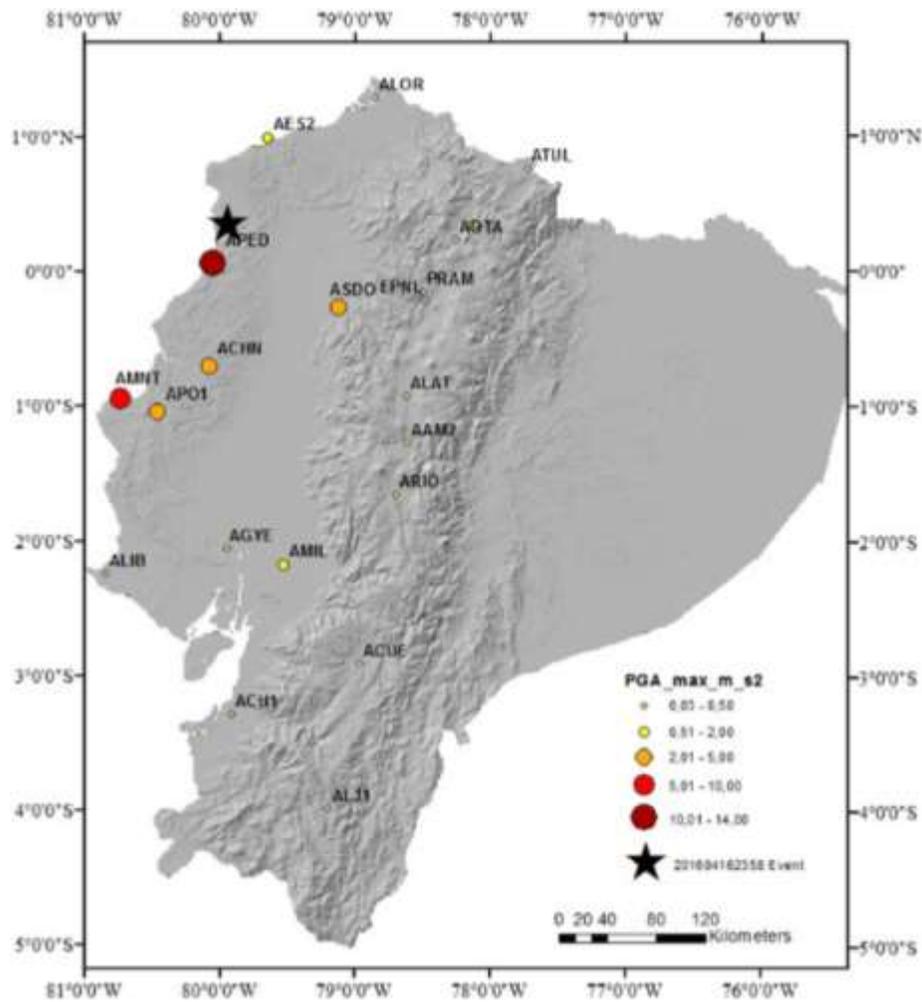


Ilustración 100 Distribución espacial de las estaciones de la Red Nacional de Acelerógrafos, extraído del Instituto Geofísico.

Mediante las diferentes estaciones distribuidas en Ecuador podemos obtener la aceleración máxima en los sitios de cada una de ellas, los mismo que serán importantes para obtener el espectro que nos ayudara para identificar qué tipo de sismo ocurrió en las diferentes edificaciones esenciales analizadas. (Ver ilustración 101)

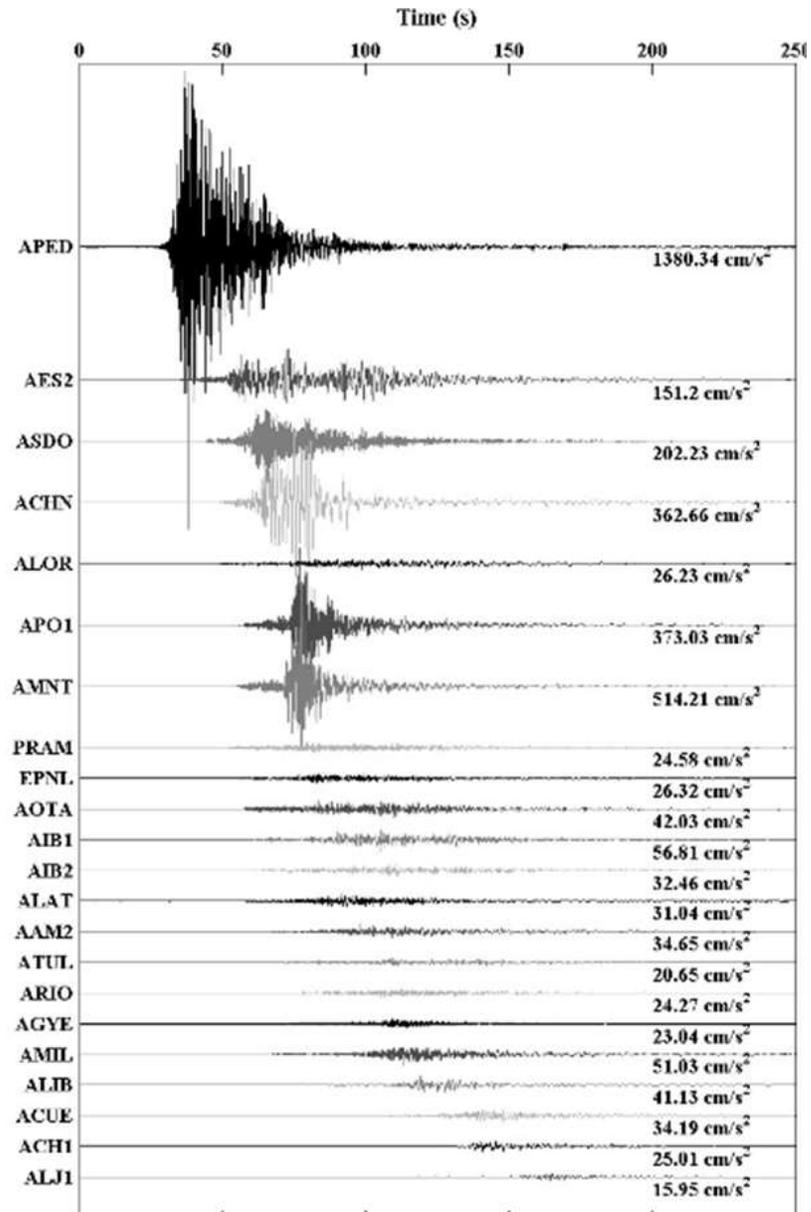


Ilustración 101 Acelerogramas del terremoto de las 18h58 (TL) del 16 de abril del 2016 ordenados con respecto a la distancia epicentral, extraído del Instituto Geofísico.

4.2 Tipo de suelo de las estaciones de acelerógrafos

El tipo de suelo de las diferentes estaciones distribuidas en Ecuador es un aspecto fundamental para el estudio del trabajo a realizar, ya que se comparará con el tipo de suelo de cada edificación analizada correspondiente a las ciudades más afectadas por los diferentes sismos a partir de 1997 para desarrollar el estudio de desempeño sísmico de estructuras esenciales. (Ver tabla 15)

Tabla 15 Tipo de suelo de las estaciones de acelerógrafos en Ecuador. (Fuente: 17. GEER-ATC EARTHQUAKE RECONNAISSANCE. April 16th 2016, Muisne)

Station	Z	Site Class	V_{S30}	η_1	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
AGY2 ¹	0.4	F	101	1.8	1.5	1.00	1.60	1.90

4.3 Curvas de Peligro Sísmico

Dado que el desarrollo del trabajo de titulación se enfoca en los daños de estructuras esenciales a partir de 1977, se analizan las diferentes ciudades afectadas durante los eventos ocurridos hasta la actualidad.

Curvas de Peligro Sísmico – Guayaquil

- En la ilustración 102 se muestra las Curvas de Peligro Sísmico para Guayaquil

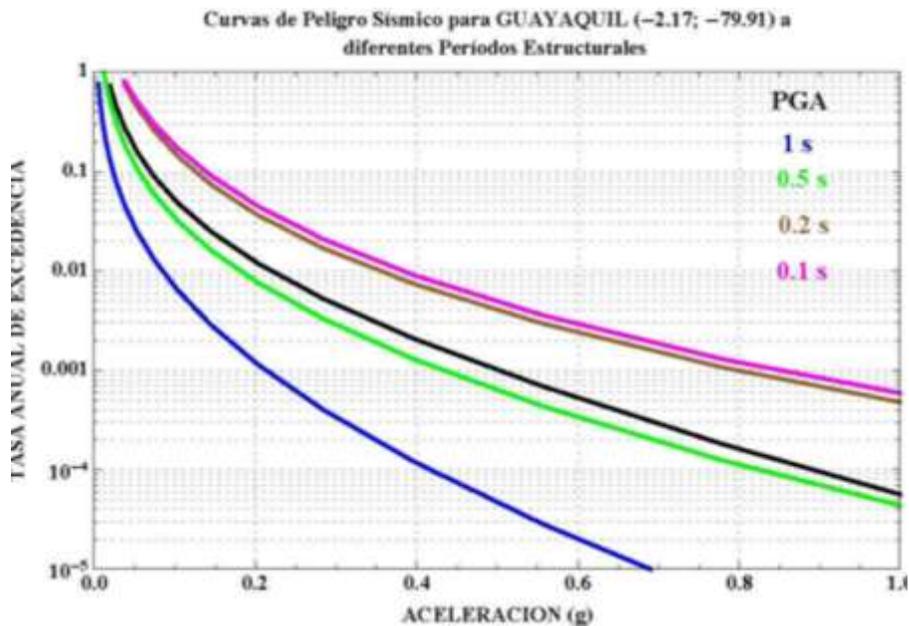


Ilustración 102 Curvas de Peligro Sísmico – Guayaquil. (Fuente: NEC-SE-DS Peligro sísmico 2015)

Parámetro Z (Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño), Guayaquil.

- En la tabla 16 se muestra el parámetro Z para Guayaquil.

Tabla 16 Parámetro Z, Guayaquil. Fuente NEC-15

KILOMETRO VEINTE Y SEIS	VIRGEN DE FATIMA	SAN JACINTO DE YAGUACHI	GUAYAS	0.35
ELOY ALFARO	ELOY ALFARO (DURAN)	DURAN	GUAYAS	0.40
GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	GUAYAS	0.40
CARPUELA	AMBUQUI	IBARRA	IMBABURA	0.40
CHALGUAYACU	PIMAMPIRO	PIMAMPIRO	IMBABURA	0.40

- En la ilustración 103 se muestra las zonas sísmicas de Ecuador según el parámetro Z.

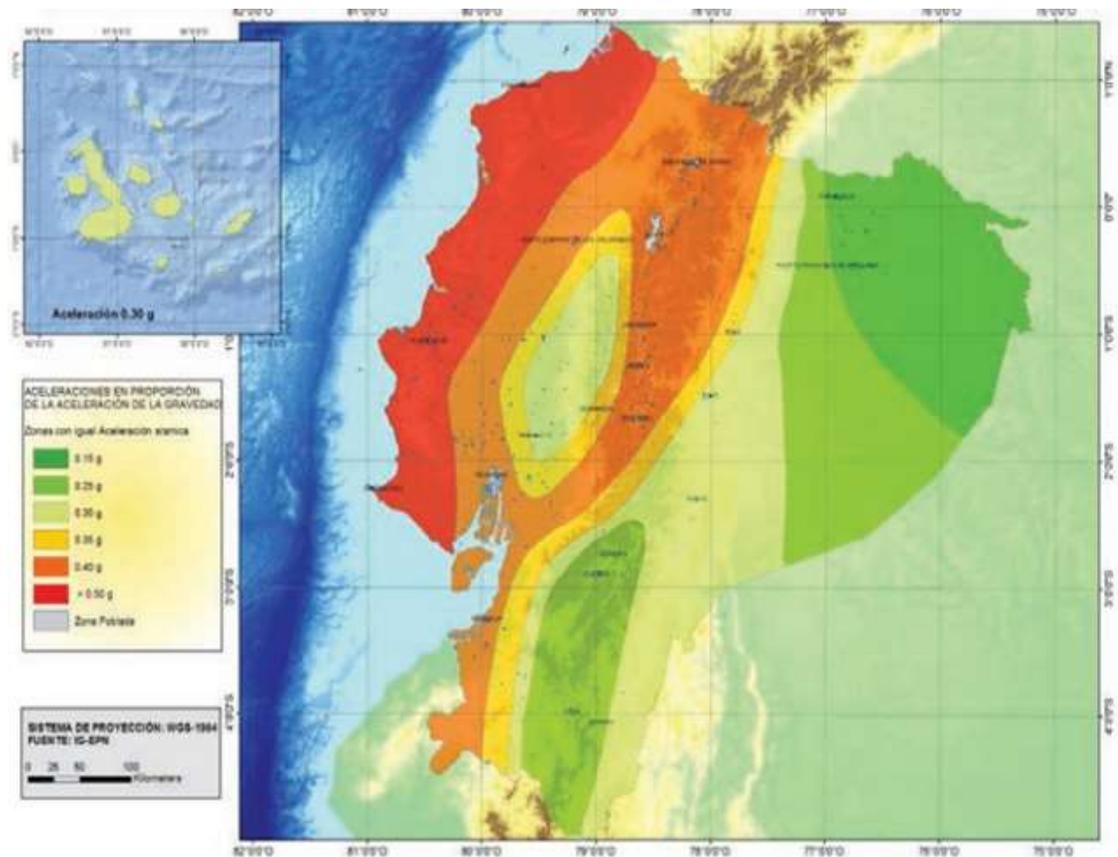


Ilustración 103 Zonas sísmicas del Ecuador - valor del factor Z. (Fuente: NEC – 15)

Peligro sísmico en Guayaquil

- En la tabla 17 determinamos la zona sísmica de Guayaquil.

Tabla 17 Peligro sísmico. (Fuente: NEC-SE-DS Peligro sísmico 2015)

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

Curvas de Peligro Sísmico – Portoviejo

- En la ilustración 104 se muestra las Curvas de Peligro Sísmico para Portoviejo

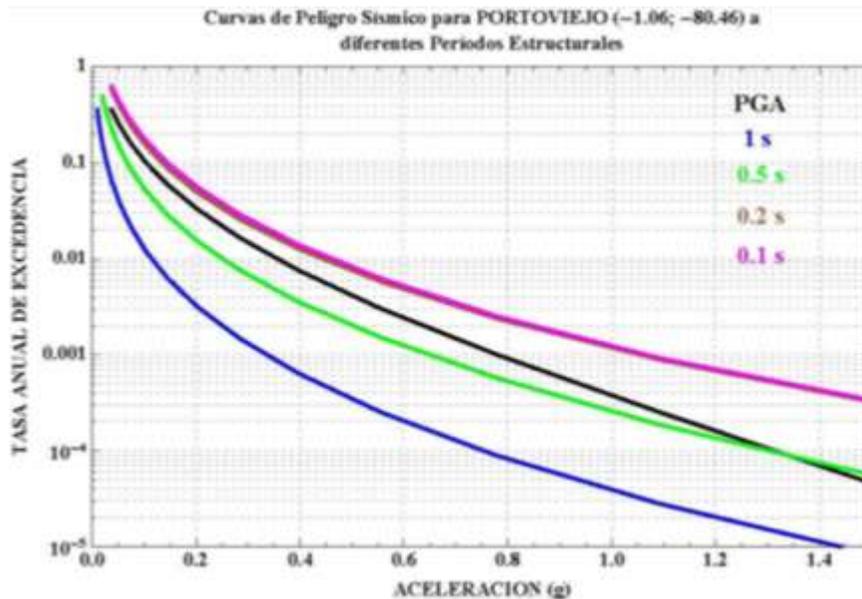


Ilustración 104 Curvas de Peligro Sísmico – Portoviejo. (Fuente: NEC-SE-DS Peligro sísmico 2015)

Parámetro Z (Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño), Portoviejo.

Dado que Portoviejo se encuentra en una zona de peligro sísmico muy alta según el mapa de zonificación que categoriza las zonas de riesgo sísmico, nos señala que la ciudad de Portoviejo se encuentra en una área de riesgo muy alta, en cuyo caso el factor Z

a tomar sería > 0.50 pero no especifica cuál tomar, por ende el actor Z a tomar para el estudio es el obtenido del espectro de Curvas de Peligro Sísmico para el sismo Raro, es decir $Z=0.62$.

- En la tabla 18 se muestra el parámetro Z para Portoviejo.

Tabla 18 Parámetro Z, Portoviejo. Fuente NEC-15

CALDERON	ABDON CALDERON (SAN FRANCISCO)	PORTOVIEJO	MANABI	0.50
PORTOVIEJO	PORTOVIEJO	PORTOVIEJO	MANABI	0.50
SAN PLACIDO	SAN PLACIDO	PORTOVIEJO	MANABI	0.50

- En la ilustración 105 se muestra las zonas sísmicas de Ecuador según el parámetro Z.

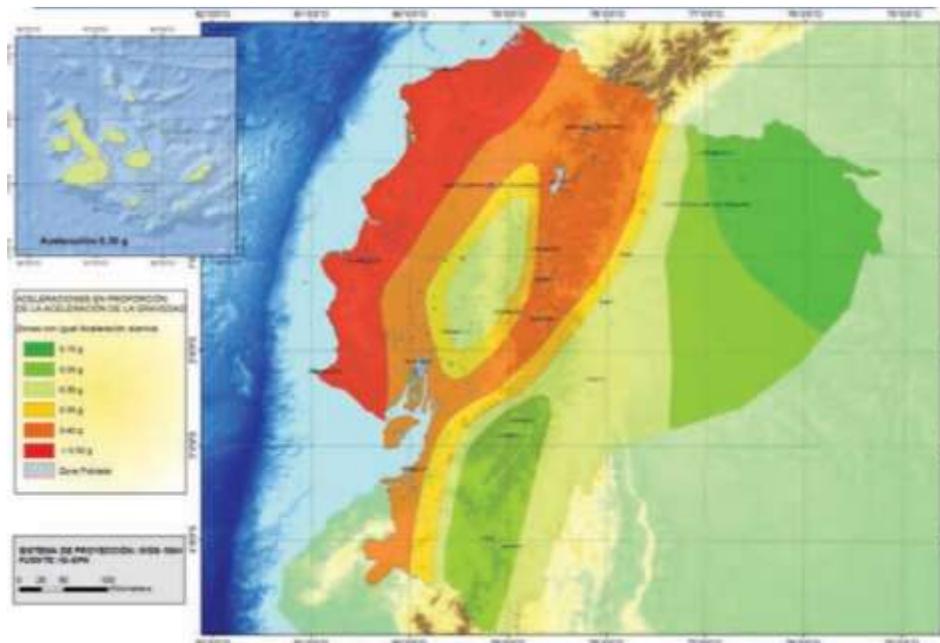


Ilustración 105 Zonas sísmicas del Ecuador - valor del Factor Z. (Fuente: NEC – 15)

Peligro sísmico en Portoviejo

- En la tabla 19 determinamos la zona sísmica de Portoviejo.

Tabla 19 Peligro sísmico. (Fuente: NEC-SE-DS Peligro sísmico 2015)

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

Curvas de Peligro Sísmico – Tena

- En la ilustración 106 se muestra las Curvas de Peligro Sísmico para Tena

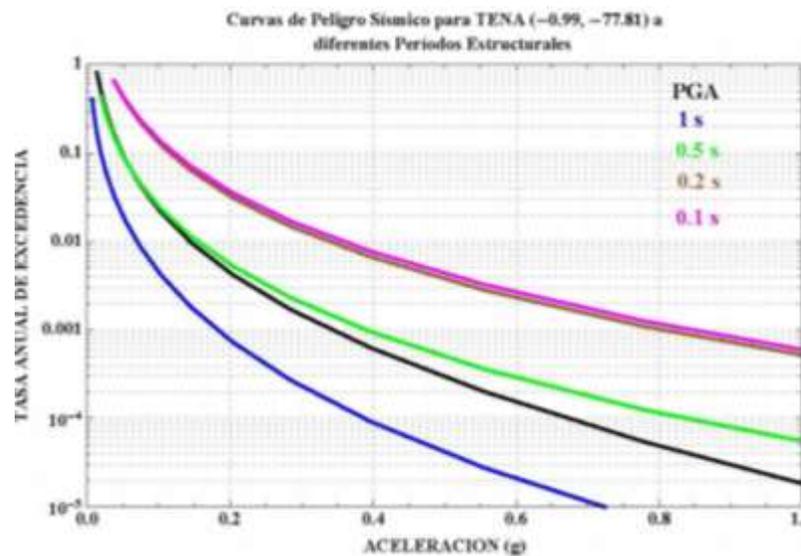


Ilustración 106 Curvas de Peligro Sísmico – Tena. (Fuente: NEC-SE-DS Peligro sísmico 2015)

Parámetro Z (Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño), Tena.

- En la tabla 20 se muestra el parámetro Z para Tena.

Tabla 20 Parámetro Z, Tena. Fuente NEC-15

ARCHIDONA	ARCHIDONA	ARCHIDONA	NAPO	0.35
COTUNDO	COTUNDO	ARCHIDONA	NAPO	0.35
TENA	TENA	TENA	NAPO	0.35
LA JOYA DE LOS SACHAS	LA JOYA DE LOS SACHAS	LA JOYA DE LOS SACHAS	ORELLANA	0.15

Peligro sísmico en Tena

- En la tabla 21 se muestra el parámetro Z para Tena.

Tabla 21 Peligro sísmico. (Fuente: NEC-SE-DS Peligro sísmico 2015)

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

- En la ilustración 107 se muestra las zonas sísmicas de Ecuador según el parámetro Z.

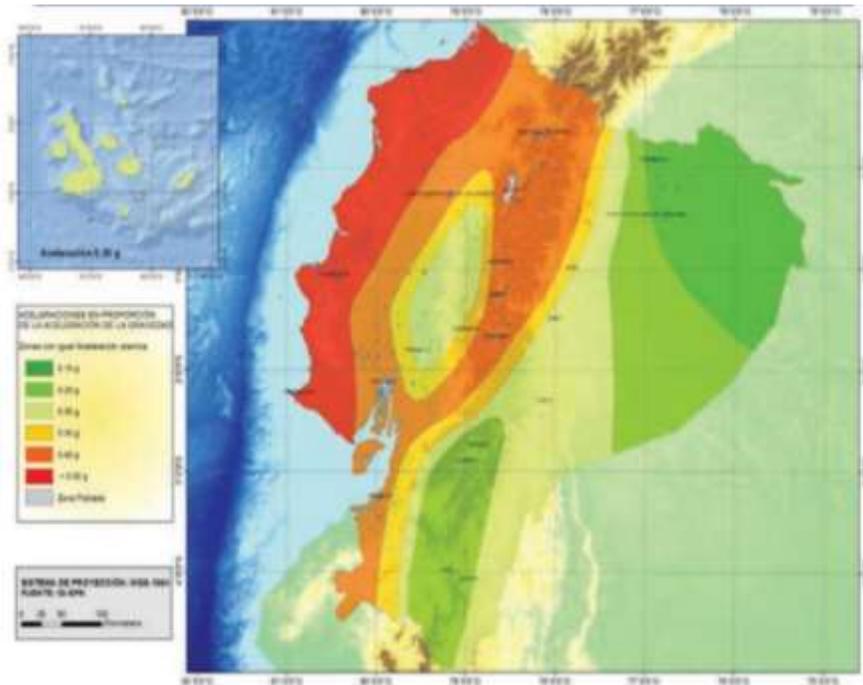


Ilustración 107 Zonas sísmicas del Ecuador - valor del Factor Z. (Fuente: NEC – 15)

4.4 Tipos de suelos para el diseño sísmico

La Norma Ecuatoriana de Construcción en el capítulo de Peligro Sísmico define 6 tipos de perfiles de suelo para el estudio, los mismos que se detallan a continuación en las tablas 22 y 23.

Tabla 22 Perfiles de suelo. A-B-C. Fuente: NEC-15

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 cumpla con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s > $V_s \geq 360$ m/s

Tabla 23 Perfiles de suelo. D-E-F. Fuente: NEC-15

Tipo de perfil	Descripción	Definición
D	Perfiles de suelos 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	$50 > N \geq 15.0$ $100\text{kPa} > S_u \geq 50$ kPa
E	Perfil que cumpla 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 colpaso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sencitivas, suelos dispersivos o debilmente 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 indice de plasticidad IP > 75)	
	F5 - Suelos con contrastes de impedancia a 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 ondas de corte	
	F6 - Rellenos colocados sin control ingenieril	

4.5 Coeficientes de amplificación de suelo Fa, Fd, Fs

Los coeficientes de amplificación de suelo son necesarios para desarrollar el espectro de diseño, los mismos que depende el factor Z (Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño) y el tipo de suelo de cada caso analizado. (Ver tablas 24, 25 y 26)

Tabla 24 Coeficiente Fa. Fuente: NEC-15

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	$\geq 0,5$
A	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
B	1	1	1	1	1	1
C	1,14	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	0,85
F	Vease Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Tabla 25 Coeficiente Fd. Fuente: NEC-15

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	$\geq 0,5$
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
F	Vease Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.6.4					

Tabla 26 Coeficiente F_s . Fuente: NEC-15

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	$\geq 0,5$
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	1,4
E	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
F	Vease Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.6.4					

4.6 Período de Vibración de las estructuras

Para llevar a cabo el tema en estudio es necesario calcular el período de vibración de las estructuras, la cual depende de la altura de la edificación y los coeficientes que define el tipo de edificación correspondiente a cada caso. (Ver tablas 27 y 28)

Tabla 27 Período de Vibración de las estructuras. Fuente: NEC-15

Formula	$T = C_t h_n^\alpha$
C_t	Coeficiente que depende del tipo de edificio
h_n	Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.
T	Período de vibración

Tabla 28 Coeficientes que define el tipo de edificación correspondiente a cada caso.
Fuente: NEC-15

Tipo de estructura	Ct	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramiento	0,072	0,8
Con Arriostramientos	0,073	0,75
Porticos 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

4.7 Espectro de respuesta elástica de diseño en aceleraciones.

El espectro de respuesta elástica representa el sismo de diseño, que a su vez depende del factor de aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño (z), el tipo de suelo del sitio en estudio y la consideración de los coeficientes de perfiles de suelo F_a , F_d , F_s . (Ver ilustración 108)

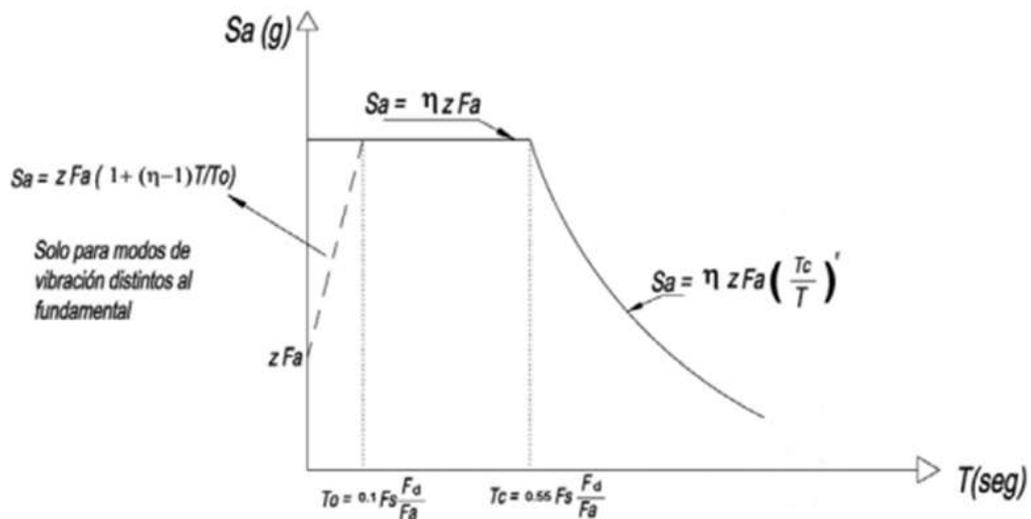


Ilustración 108 Espectro de respuesta elástica de diseño en aceleraciones. Fuente: NEC-15

En la tabla 29 se muestra los parámetros para el Espectro de respuesta elástica de diseño en aceleraciones.

Tabla 29 Parámetros para el Espectro de respuesta elástica de diseño en aceleraciones. NEC-15

Donde :	
n	Razón entre la aceleración espectral S_a ($T=0.1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado
F_a	Coefficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
F_d	Coefficiente 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	Coefficiente 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.
S_a	Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad). Depende del período de vibración
T	Período fundamental de vibración de la estructura
T_o	Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
T_c	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.

4.1 Espectro de respuesta elástica de diseño en desplazamientos.

El espectro elástico de diseño en desplazamientos es fundamental para poder determinar las derivas elásticas e inelásticas de diferentes casos por medio del período de vibración, el cual se construye como se detalla en la ilustración 109, tomando en cuenta los parámetros de la tabla 30.

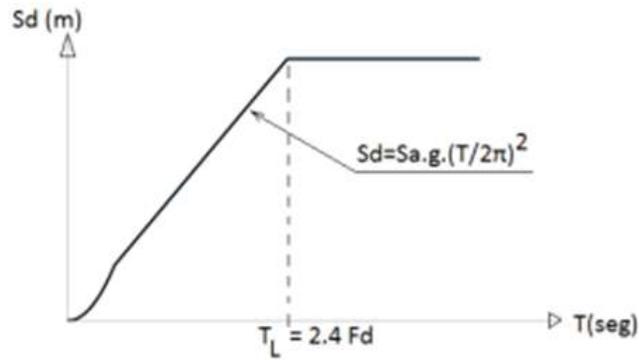


Ilustración 109 Espectro de respuesta elástica de diseño en desplazamientos. NEC-15

Tabla 30 Parámetros para Espectro de respuesta elástica de diseño en desplazamientos. NEC-15

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), depende del período de vibración de la estructura
T	Período fundamental de vibración de la estructura

4.2 Límites máximos de derivas de los pisos

La Norma Ecuatoriana de Construcción en el capítulo de Peligro Sísmico especifica los límites máximos que no deberán exceder los establecidos tanto para las edificaciones de hormigón armado, estructuras de madera, estructuras metálicas y las estructuras de mampostería. (Ver tabla 31)

Tabla 31 Límites máximos de derivas de los pisos. Fuente: NEC-15

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

4.3 Estructuras de ocupación especial y esencial

Para las estructuras de ocupación Especial y Esencial se debe verificar el desempeño sísmico correspondiente a cada caso, con el objetivo de que dichas estructuras después de ocurrencia de algún sismo queden operativas para las diferentes emergencias.

El trabajo de titulación elaborado se basa en estructuras de ocupación esenciales, centrado en hospitales, centros de salud, clínicas o emergencia sanitaria. Por ende, se determinará el desempeño sísmico de cada caso seleccionado.

4.4 Niveles de amenaza sísmica según la Norma Ecuatoriana de Construcción

La norma categoriza los niveles de amenaza sísmica según el período de retorno y los efectos que podría producir en cada caso. (Ver tabla 32)

Tabla 32 Niveles de amenaza sísmica. Fuente: NEC-15

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

4.5 Desempeño sísmico de estructuras esenciales

Para el desempeño de estructuras esenciales como es nuestro caso, la Norma Ecuatoriana de Construcción establece determinar su desempeño en el rango inelástico, a través de la tabla 33.

Tabla 33 Desempeño sísmico de estructuras esenciales. Fuente: NEC-15

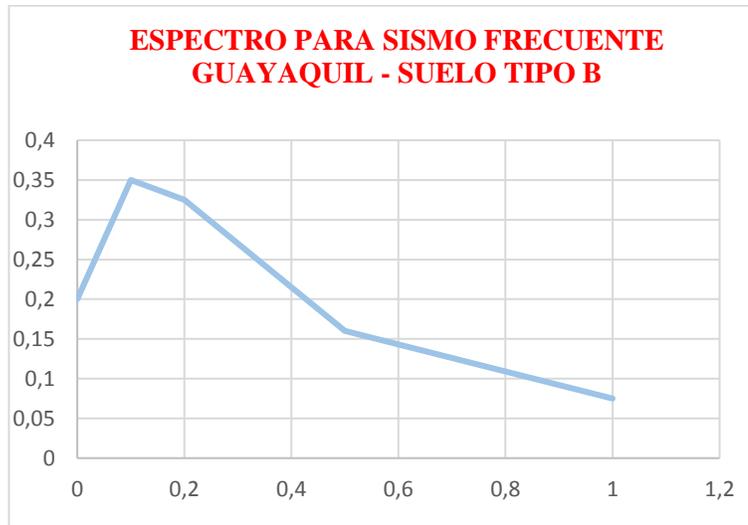
Nivel de desempeño estructural (prevención)	Estructuras de ocupación especial	Estructuras esenciales	Tasa anual de excedencia
Daño	No	Si	0.00211
Colapso	Si	Si	0.00004

5 CAPÍTULO V: MEMORIA DE CÁLCULO

Memoria de cálculo de los espectros de aceleración obtenidos de las Curvas de Peligro Sísmico de Guayaquil. (Ver ilustración 110, 111, 112 y 113)

5.1 Curvas de Peligro Sísmico – Guayaquil.

Espectro para sismo Frecuente:



SISMO FRECUENTE	
Sa	aceleración (g)
PGA	0,2
1	0,075
0,5	0,16
0,2	0,325
0,1	0,35

Ilustración 110 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo frecuente, Guayaquil suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Espectro para sismo Ocasional:



SISMO OCASIONAL	
Sa	aceleración (g)
PGA	0,34
1	0,14
0,5	0,28
0,2	0,53
0,1	0,57

Ilustración 111 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo ocasional, Guayaquil suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Espectro para sismo Raro:



SISMO RARO	
Sa	aceleración (g)
PGA	0,4
1	0,19
0,5	0,36
0,2	0,71
0,1	0,72

Ilustración 112 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo raro, Guayaquil suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Espectro para sismo Muy Raro:



SISMO MUY RARO	
Sa	aceleración (g)
PGA	0,65
1	0,29
0,5	0,56
0,2	1
0,1	1

Ilustración 113 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo muy raro, Guayaquil suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle

5.2 Curvas de Peligro Sísmico – Portoviejo.

Curvas de Peligro Sísmico de Portoviejo. (Ver ilustración 114, 115, 116 y 117)

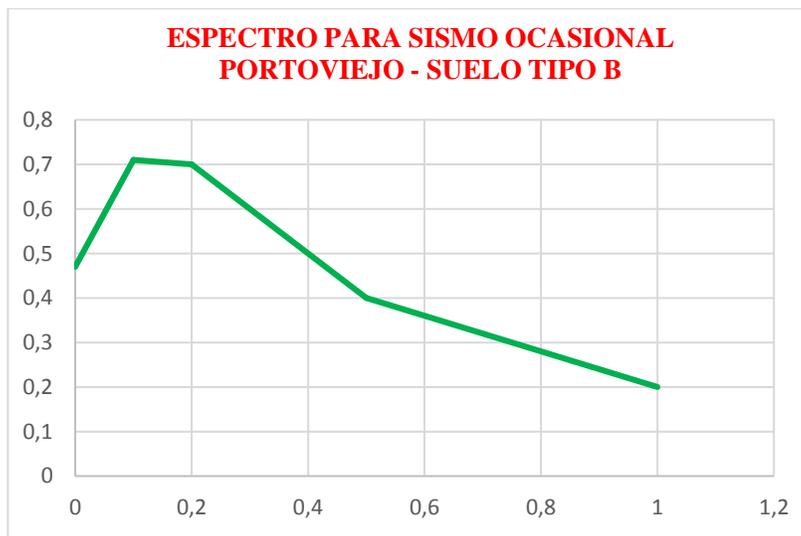
Espectro para sismo Frecuente:



SISMO FRECUENTE	
Sa	aceleración (g)
PGA	0,33
1	0,1
0,5	0,2
0,2	0,36
0,1	0,38

Ilustración 114 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo frecuente, Portoviejo suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Espectro para sismo Ocasional:



SISMO OCASIONAL	
Sa	aceleración (g)
PGA	0,47
1	0,2
0,5	0,4
0,2	0,7
0,1	0,71

Ilustración 115 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo ocasional, Portoviejo suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle

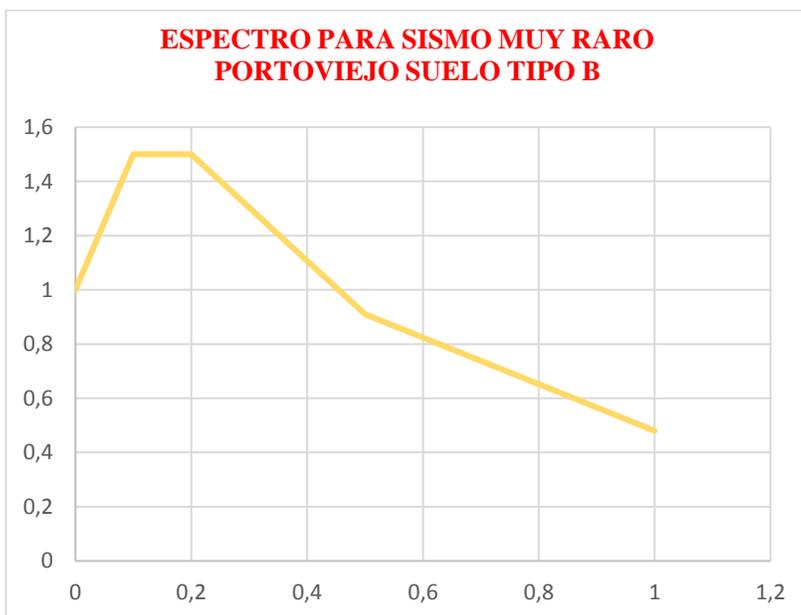
Espectro para sismo Raro:



SISMO RARO	
Sa	aceleración (g)
PGA	0,62
1	0,24
0,5	0,48
0,2	0,8
0,1	0,81

Ilustración 116 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo raro, Portoviejo suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Espectro para sismo Muy Raro:



SISMO MUY RARO	
Sa	aceleración (g)
PGA	1
1	0,48
0,5	0,91
0,2	1,5
0,1	1,5

Ilustración 117 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo muy raro, Portoviejo suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle

5.3 Curvas de Peligro Sísmico – Tena.

Curvas de Peligro Sísmico de Tena. (Ver ilustración 118, 119, 120, 121)

Espectro para sismo Frecuente:

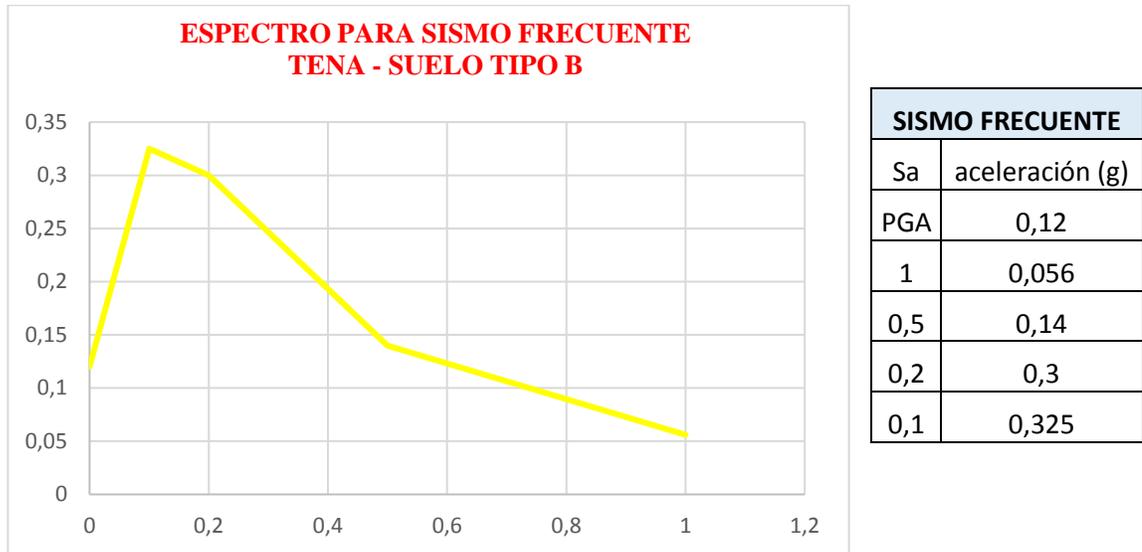


Ilustración 118 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo frecuente, Tena suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Espectro para sismo Ocasional:

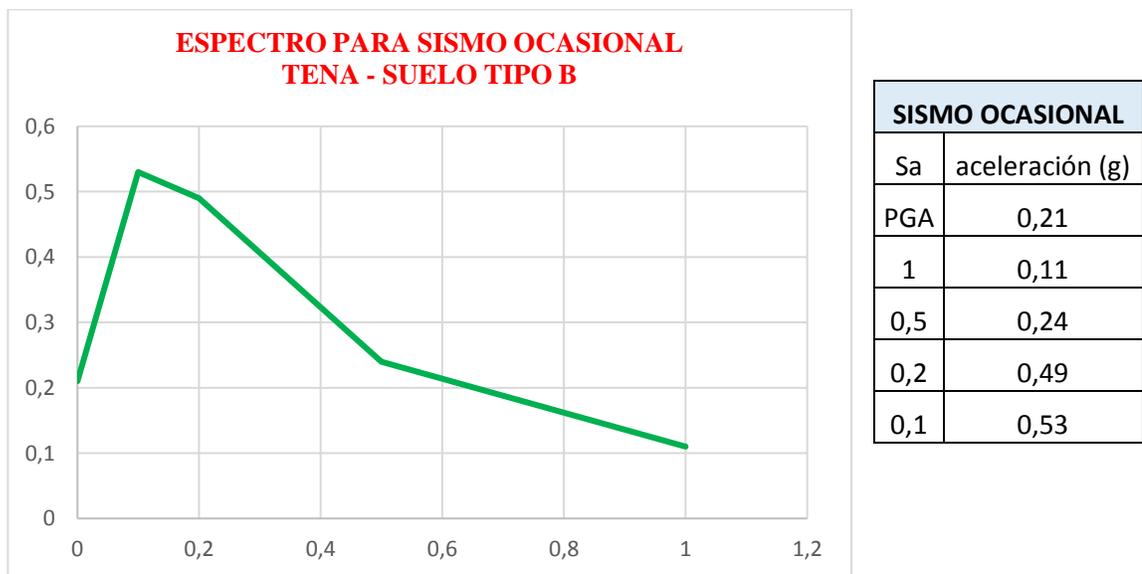


Ilustración 119 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo ocasional, Tena suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle

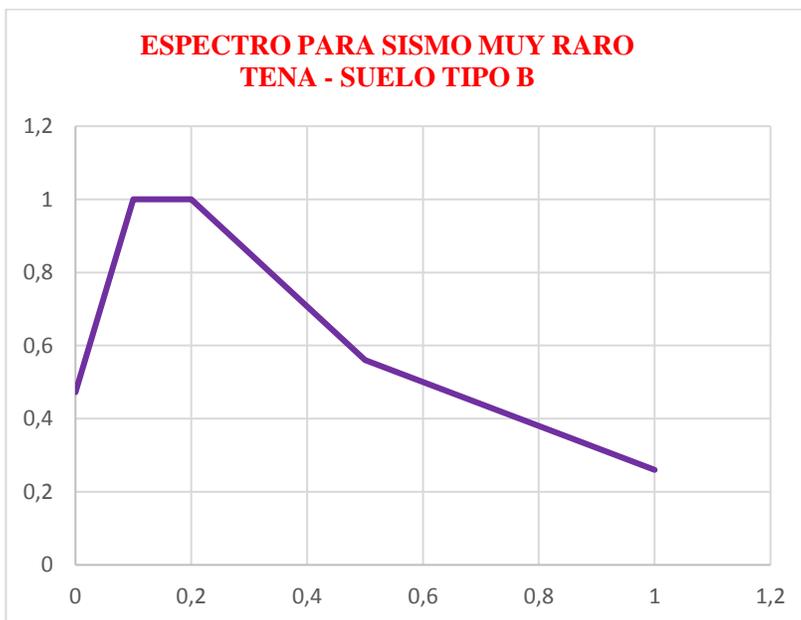
Espectro para sismo Raro:



SISMO RARO	
Sa	aceleración (g)
PGA	0,35
1	0,14
0,5	0,29
0,2	0,61
0,1	0,65

Ilustración 120 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo raro, Tena suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Espectro para sismo Muy Raro:



SISMO MUY RARO	
Sa	aceleración (g)
PGA	0,47
1	0,26
0,5	0,56
0,2	1
0,1	1

Ilustración 121 Curvas de Peligro Sísmico – Espectro para sismo muy raro, Tena suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle

5.4 Espectro de respuesta elástica de diseño en aceleraciones. – Guayaquil

- Para suelo tipo B – D – E. (Ver ilustraciones 122, 123 y 124)

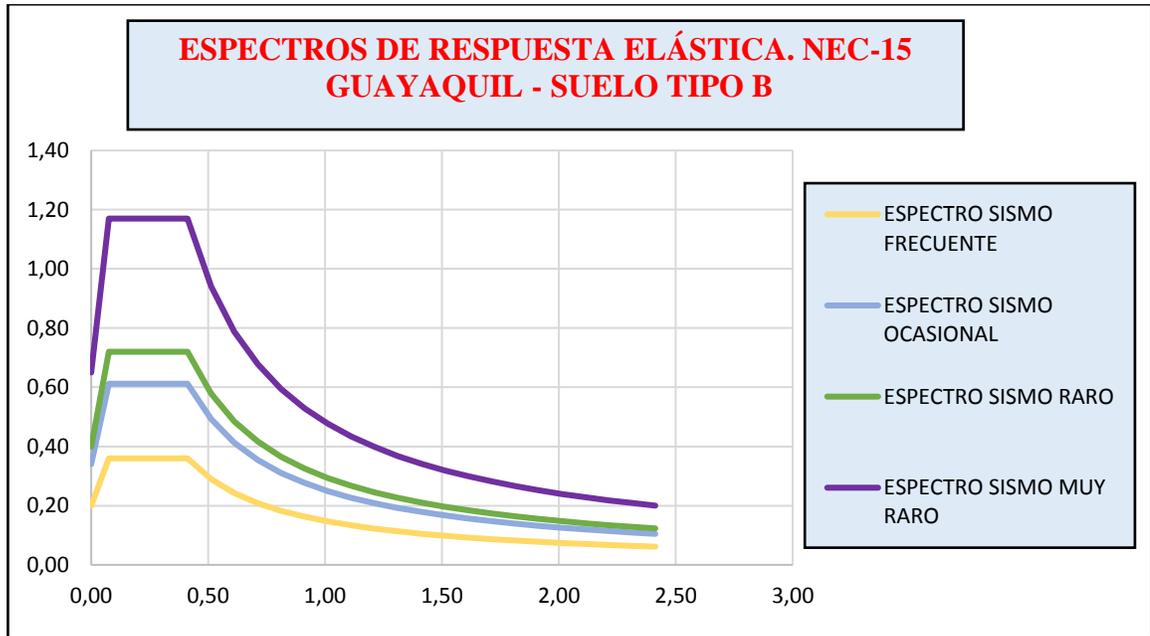


Ilustración 122 Espectros de respuesta elástica, Guayaquil suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle.

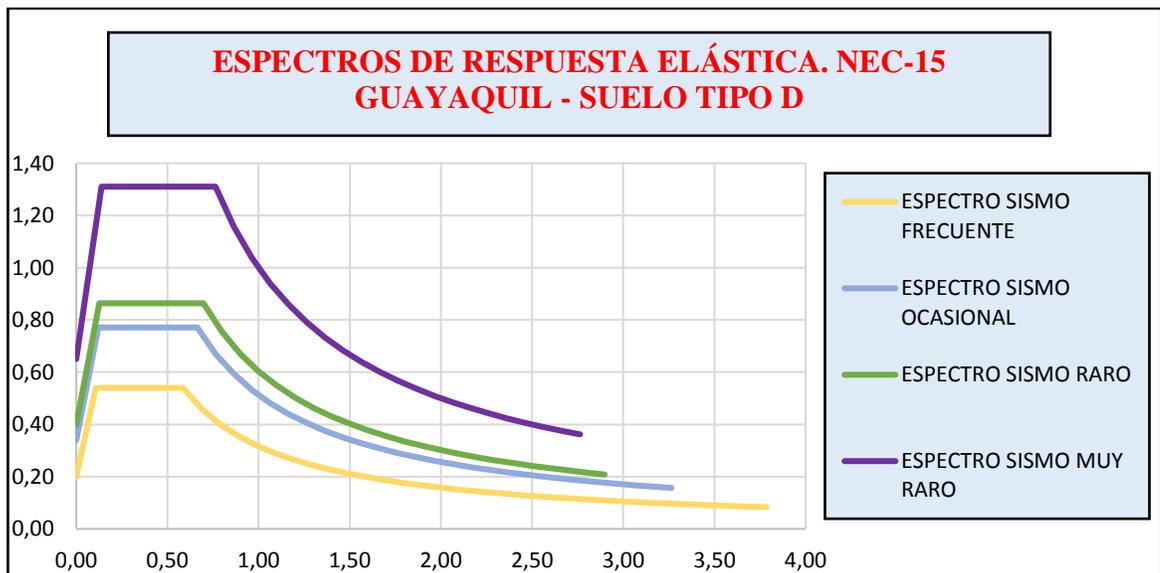


Ilustración 123 Espectros de respuesta elástica, Guayaquil suelo tipo D. Realizado por: Pablo Rojas Calle.

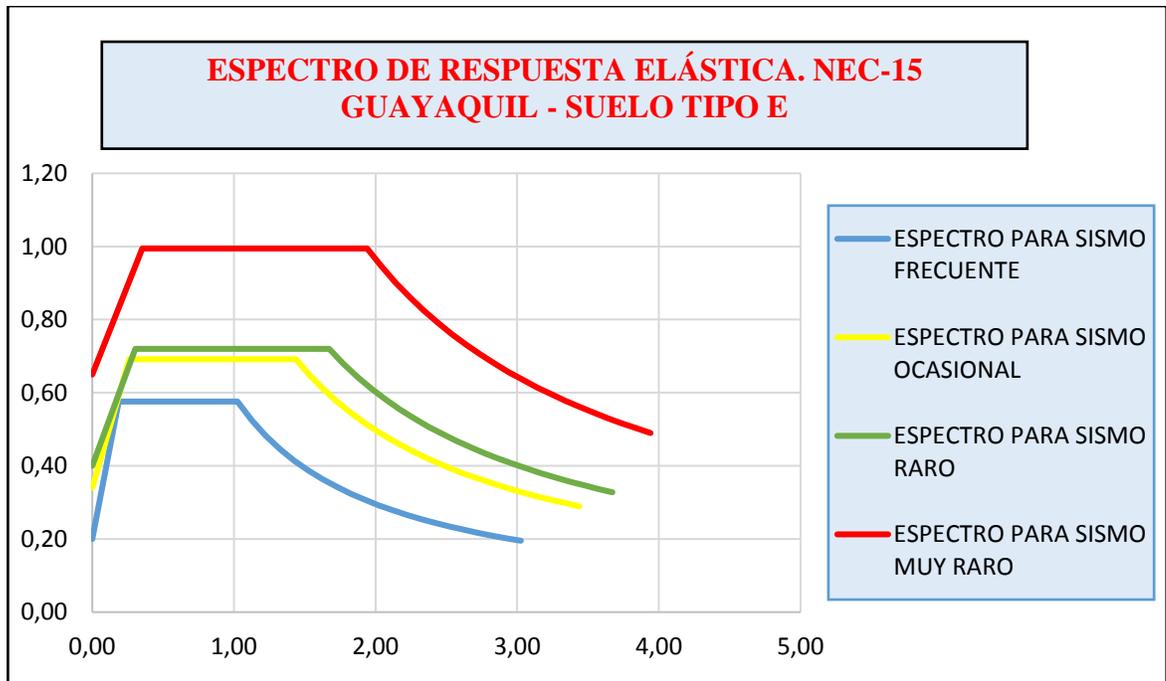


Ilustración 124 Espectros de respuesta elástica, Guayaquil suelo tipo E. Realizado por: Pablo Rojas Calle.

5.5 Espectro de respuesta elástica de diseño en aceleraciones. – Portoviejo

- Para suelo tipo B – D – C – E. (Ver ilustraciones 125, 126, 127 y 128)

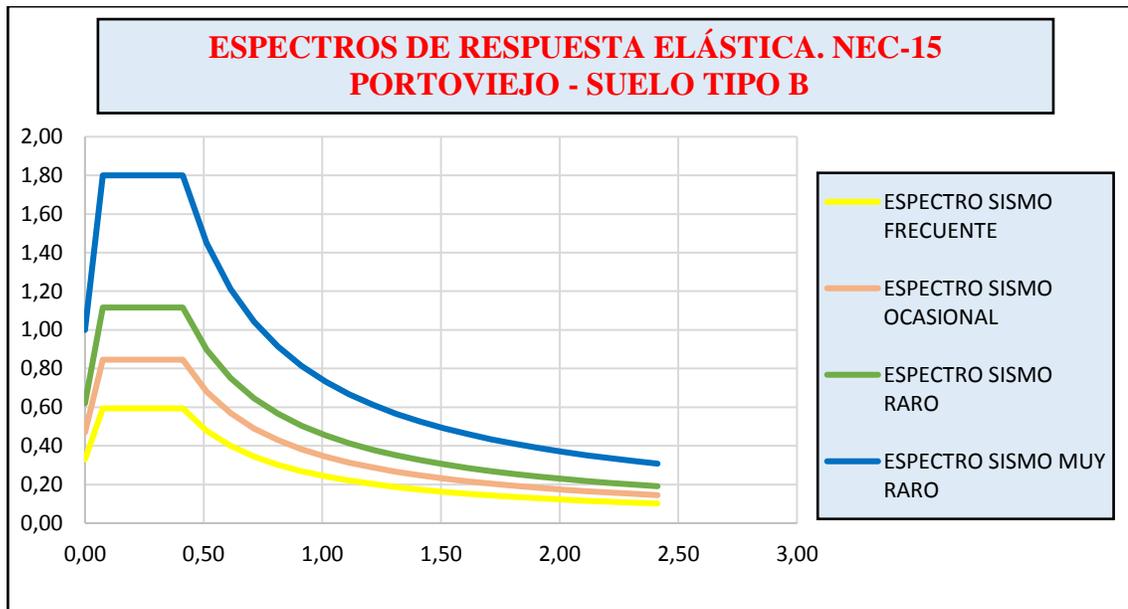


Ilustración 125 Espectros de respuesta elástica, Portoviejo suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle.

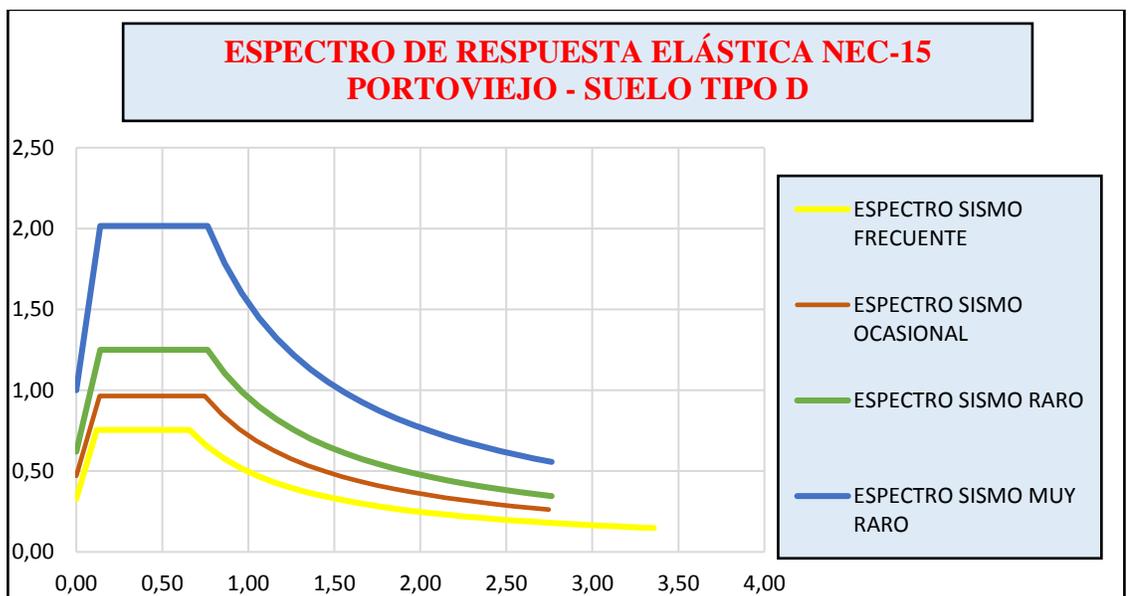


Ilustración 126 Espectros de respuesta elástica, Portoviejo suelo tipo D. Realizado por: Pablo Rojas Calle.

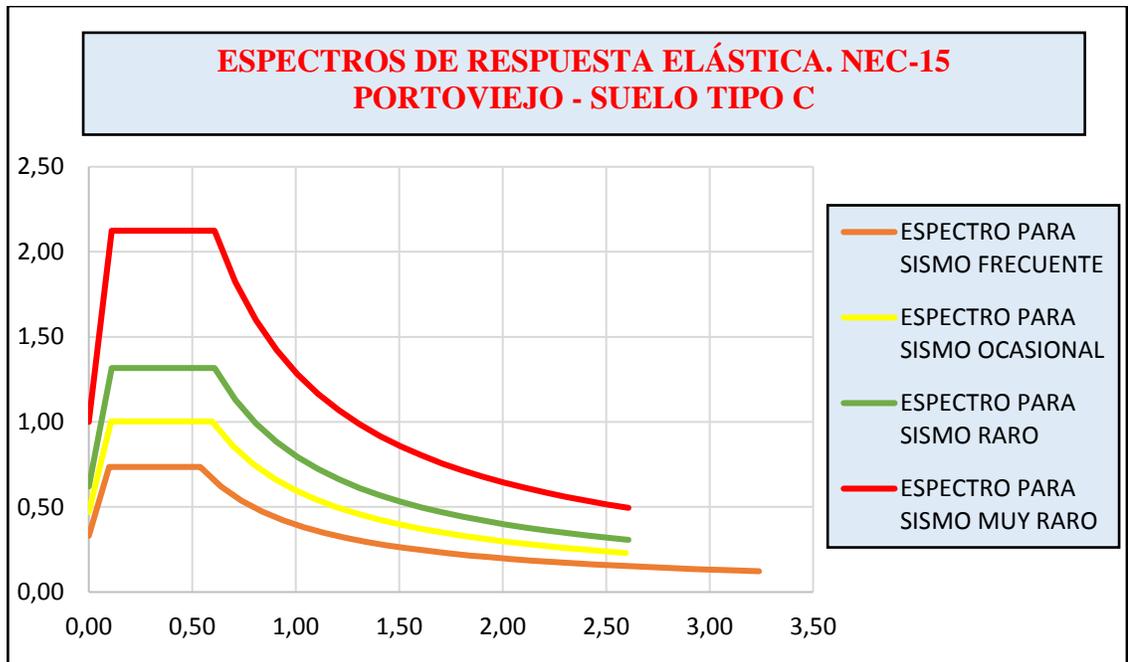


Ilustración 127 Espectros de respuesta elástica, Portoviejo suelo tipo C. Realizado por: Pablo Rojas Calle.

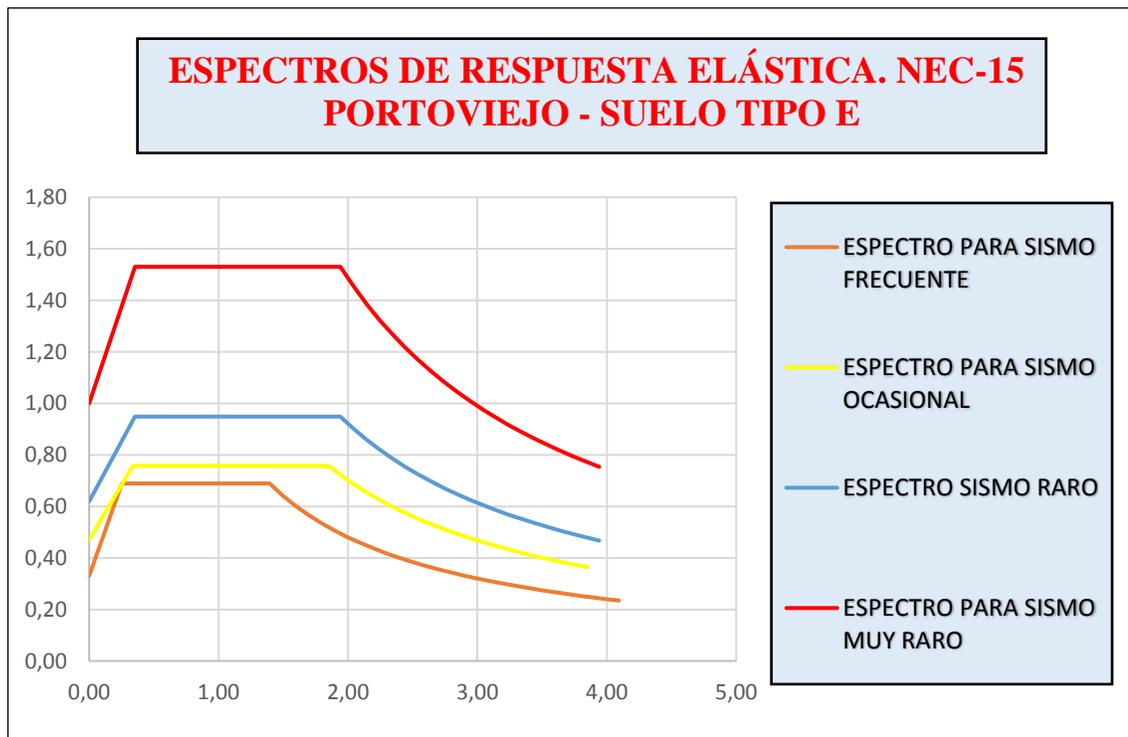


Ilustración 128 Espectros de respuesta elástica, Portoviejo suelo tipo E. Realizado por: Pablo Rojas Calle.

5.6 Espectro de respuesta elástica de diseño en aceleraciones. – Tena

- Para suelo tipo B y C. (Ver ilustraciones 129 y 130)

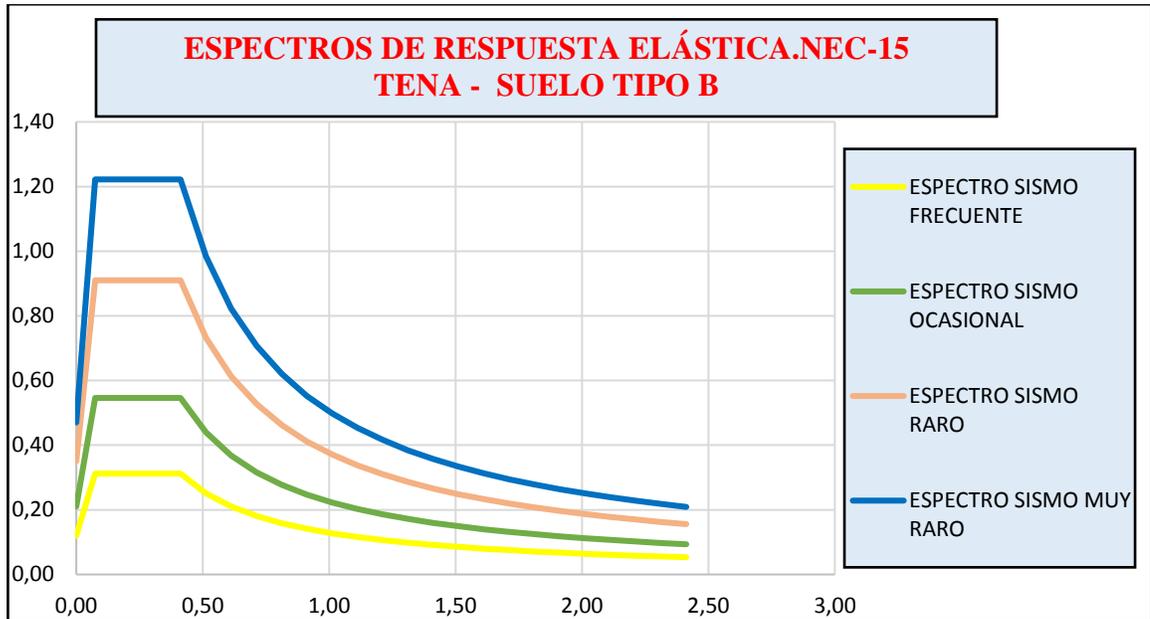


Ilustración 129 Espectros de respuesta elástica, Tena suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle.

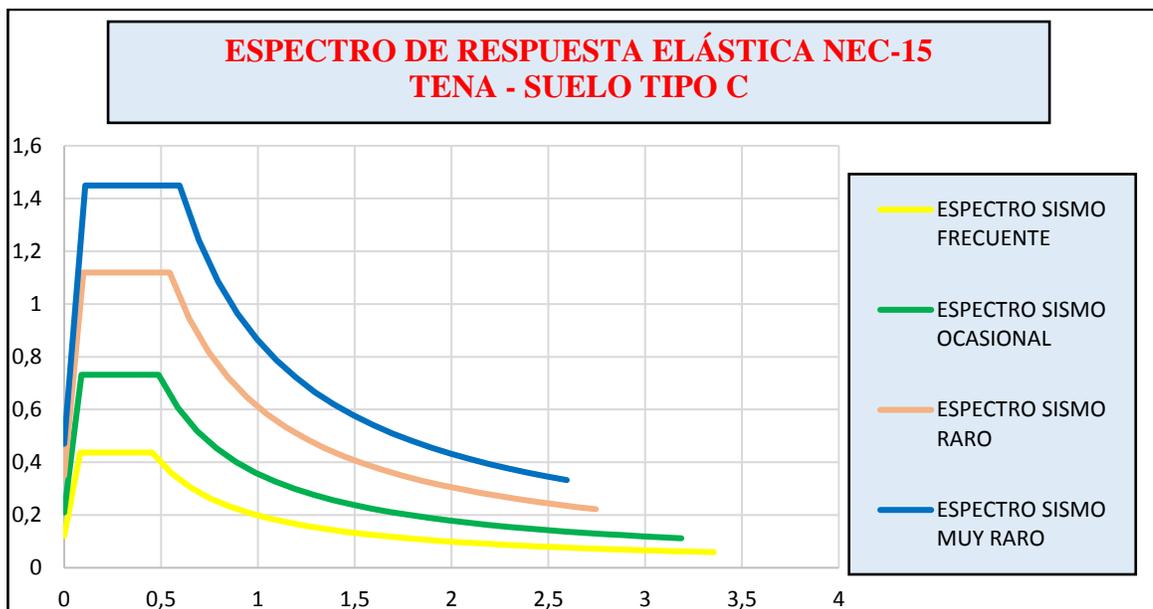


Ilustración 130 Espectros de respuesta elástica, Tena suelo tipo C. Realizado por: Pablo Rojas Calle.

5.7 Períodos de vibración de las estructuras en estudio

Determinamos el período de vibración para las distintas edificaciones por medio de las tablas 27 y 28. Por ende, fue necesario identificar el tipo de construcción de cada una de ellas como su altura.

En las tablas 34 a la 49 presentamos los períodos de vibración de cada estructura especificando sus alturas:

5.7.1 Hospital Valenzuela – Guayaquil.

Tabla 34 Período de vibración del Hospital Valenzuela

Edificio	Hospital Valenzuela	
DATOS		
Hn	9,5	
Ct	0,055	
α	0,9	
FORMULA		
$T = Ct * hn^{\alpha}$		
T	0,42	seg

5.7.2 Hospital Naval – Guayaquil.

Tabla 35 Período de vibración del Hospital Naval

Edificio	Hospital Naval	
DATOS		
Hn	21	
Ct	0,055	
α	0,9	
FORMULA		
$T = Ct * hn^{\alpha}$		
T	0,85	seg

5.7.3 Hospital Guayaquil – Guayaquil.

Tabla 36 Período de vibración del Hospital Guayaquil

Edificio	Hospital Guayaquil	
DATOS		
Hn	22	
Ct	0,055	
α	0,9	
FORMULA		
$T = Ct * hn^{\alpha}$		
T	0,89	seg

5.7.4 Hospital José María Velasco Ibarra.

Tabla 37 Período de vibración del Hospital José María Velasco Ibarra.

Edificio	Hospital José María Velasco Ibarra	
DATOS		
Hn	17,5	
Ct	0,055	
α	0,9	
FORMULA		
$T = Ct * hn^{\alpha}$		
T	0,72	seg

5.7.5 Hospital Miguel H. Alcívar de Bahía de Caráquez.

Tabla 38 Período de vibración del Hospital Miguel H. Alcívar de Bahía de Caráquez.

Edificio	Hospital Miguel H. Alcívar	
DATOS		
Hn	17,5	
Ct	0,055	
α	0,9	
FORMULA		
$T = Ct * hn^{\alpha}$		
T	0,72	seg

5.7.6 Hospital Napoleón Dávila – Chone.

Tabla 39 Período de vibración del Hospital Napoleón Dávila – Chone.

Edificio	Hospital Napoleón Dávila	
DATOS		
Hn	19,5	
Ct	0,055	
α	0,9	
FORMULA		
$T = Ct * hn^{\alpha}$		
T	0,80	seg

5.7.7 Hospital Naval – Guayaquil.

Tabla 40 Período de vibración del Hospital Naval – Guayaquil.

Edificio	Hospital Naval	
DATOS		
Hn	21	
Ct	0,055	
α	0,9	
FORMULA		
$T = Ct * hn^{\alpha}$		
T	0,85	seg

5.7.8 Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social – Manta.

Tabla 41 Período de vibración del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social – Manta.

Edificio	IESS MANTA	
DATOS		
Hn	17,5	
Ct	0,055	
α	0,9	
FORMULA		
$T = Ct * hn^{\alpha}$		
T	0,72	seg

5.7.9 Hospital Rodríguez Zambrano – Manta.

Tabla 42 Período de vibración del Hospital Rodríguez Zambrano – Manta.

Edificio	Hospital Rodríguez Zambrano	
DATOS		
Hn	22	
Ct	0,055	
α	0,9	
FORMULA		
$T = Ct * hn^{\alpha}$		
T	0,89	seg

5.7.10 Clínica Manta – Manta.

Tabla 43 Período de vibración del Clínica Manta – Manta.

Edificio	Clínica Manta	
DATOS		
Hn	22,75	
Ct	0,055	
α	0,9	
FORMULA		
$T = Ct * hn^{\alpha}$		
T	0,92	seg

5.7.11 Hospital Miguel H. Alcívar de Bahía de Caráquez.

Tabla 44 Período de vibración del Hospital Miguel H. Alcívar de Bahía de Caráquez.

Edificio	Hospital Miguel H. Alcívar	
DATOS		
Hn	17,5	
Ct	0,055	
α	0,75	
FORMULA		
$T = Ct * hn^{\alpha}$		
T	0,47	seg

5.7.12 Hospital SOLCA – Portoviejo.

Tabla 45 Período de vibración del Hospital SOLCA – Portoviejo.

Edificio	Hospital SOLCA	
DATOS		
Hn	13,5	
Ct	0,055	
α	0,9	
FORMULA		
$T = Ct * hn^{\alpha}$		
T	0.57	seg

5.7.13 Clínica Santa Margarita (Bloque 1) – Portoviejo.

Tabla 46 Período de vibración de la Clínica Santa Margarita (Bloque 1) – Portoviejo.

Edificio	Clínica Santa Margarita	
DATOS		
Hn	13,5	
Ct	0,055	
α	0,9	
FORMULA		
$T = Ct * hn^{\alpha}$		
T	0,57	seg

5.7.14 Clínica Santa Margarita (Bloque 2) – Portoviejo.

Tabla 47 Período de vibración de la Clínica Santa Margarita (Bloque 2) – Portoviejo.

Edificio	Clínica Santa Margarita	
DATOS		
Hn	19,5	
Ct	0,055	
α	0,9	
FORMULA		
$T = Ct * hn^{\alpha}$		
T	0,80	seg

5.7.15 Farmacia San Gregorio – Portoviejo.

Tabla 48 Período de vibración de la Farmacia San Gregorio – Portoviejo.

Edificio		Farmacia San Gregorio
DATOS		
Hn	13	
Ct	0,055	
α	0,9	
FORMULA		
$T = Ct * hn^{\alpha}$		
T	0,55	seg

5.7.16 Clínica San Antonio – Portoviejo.

Tabla 49 Período de vibración de la Clínica San Antonio – Portoviejo.

Edificio		Clínica San Antonio
DATOS		
Hn	16,25	
Ct	0,055	
α	0,9	
FORMULA		
$T = Ct * hn^{\alpha}$		
T	0,68	seg

5.8 Espectro de respuesta del acelerograma – Guayaquil

5.8.1 Estación: AGYE .

Tipo de suelo: B. (Ver ilustraciones 131 y 132)

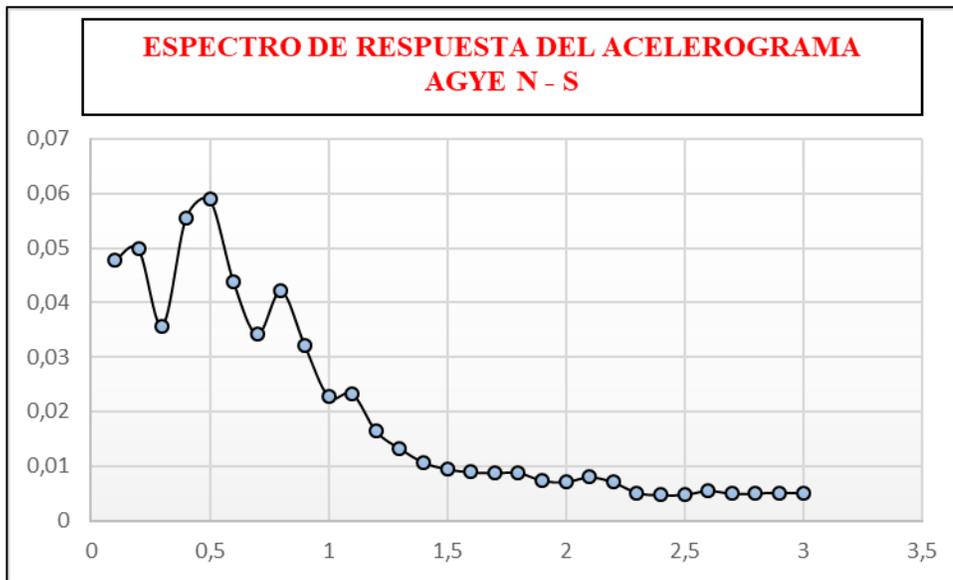


Ilustración 131 Estación AGYE (N-S) - suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle

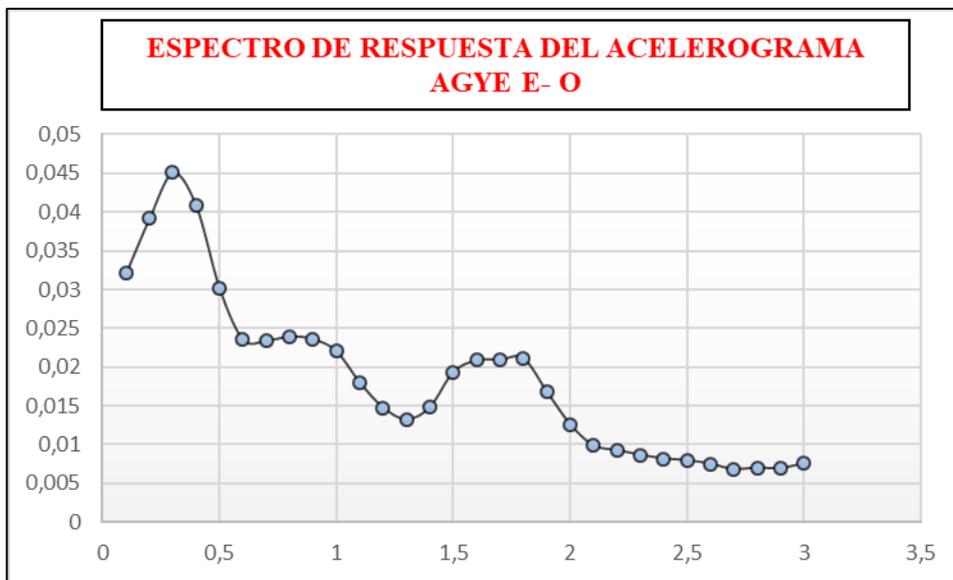


Ilustración 132 Estación AGYE (E-O) - suelo tipo B. Realizado por: Pablo Rojas Calle

5.9 Espectro de respuesta del acelerograma – Guayaquil

5.9.1 Estación: AGYE1.

Tipo de suelo: E (Ver ilustración 133)

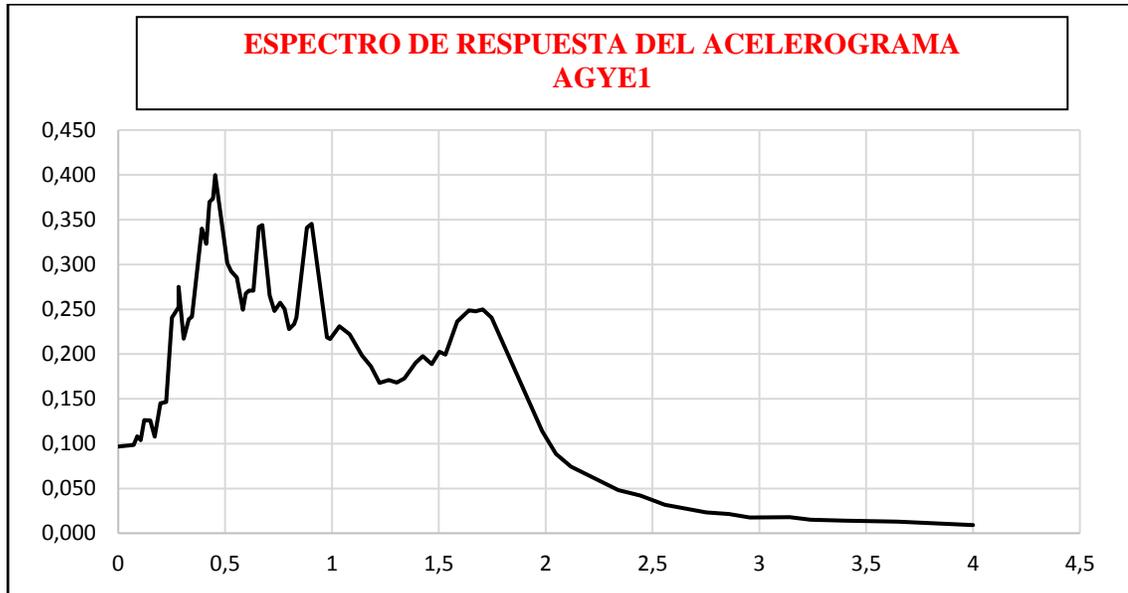


Ilustración 133 Estación AGYE1 – suelo tipo E. Realizado por: Pablo Rojas Calle

5.9.2 Estación AGYE2

Tipo de suelo: E (Ver ilustración 134)

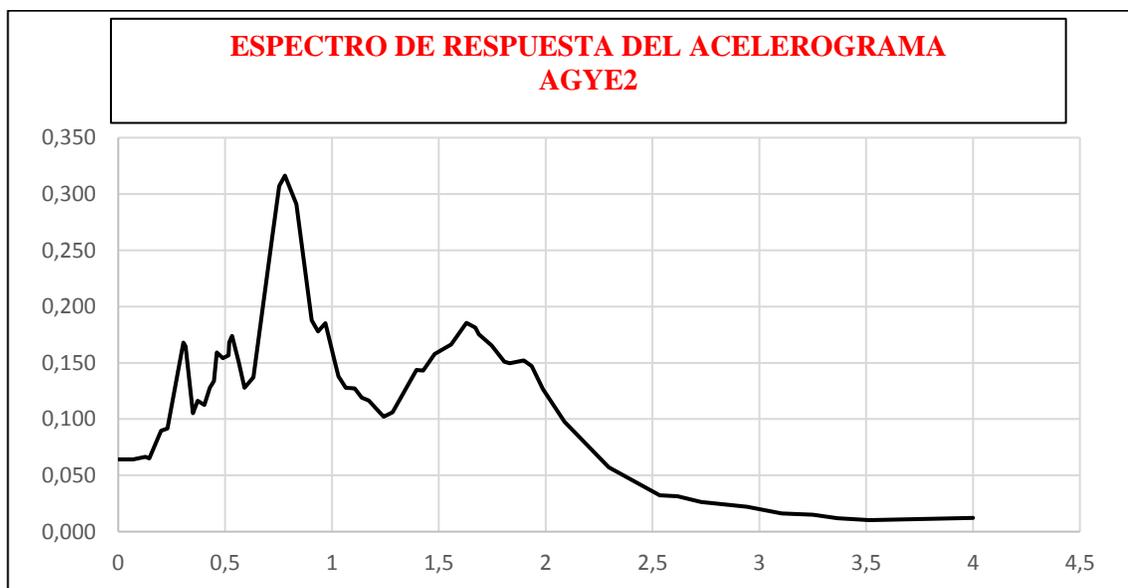


Ilustración 134 Estación AGYE2 – suelo tipo E. Realizado por: Pablo Rojas Calle

5.10 Espectro de respuesta del acelerograma – Pedernales

5.10.1 Estación: APED.

Tipo de suelo: D (Ver ilustraciones 135 y 136)



Ilustración 135 Estación APED (N-S) – suelo tipo D. Realizado por: Pablo Rojas Calle

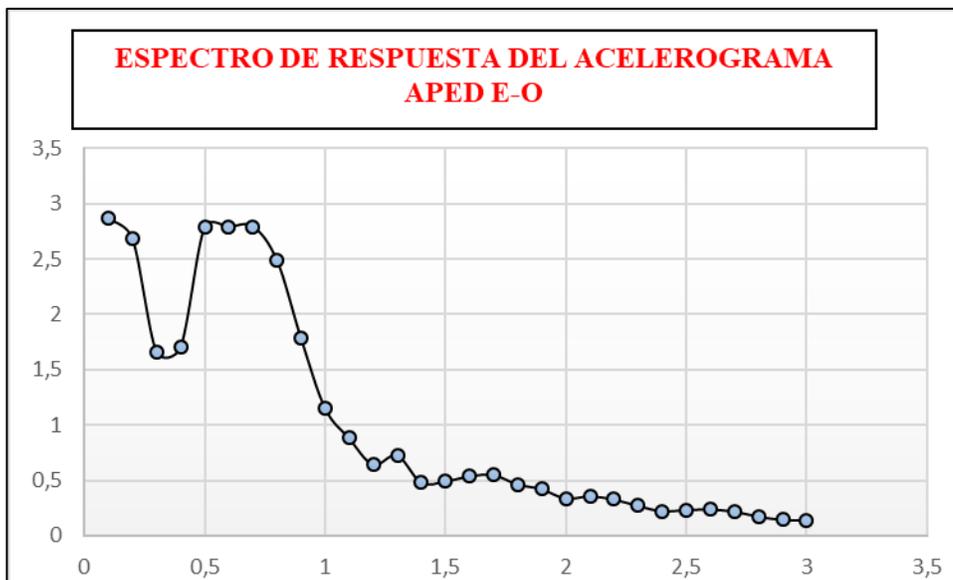


Ilustración 136 Estación APED (E-O) – suelo tipo D. Realizado por: Pablo Rojas Calle

5.11 Espectro de respuesta del acelerograma – Portoviejo

5.11.1 Estación: APO1.

Tipo de suelo: D (Ver ilustraciones 137 y 138)

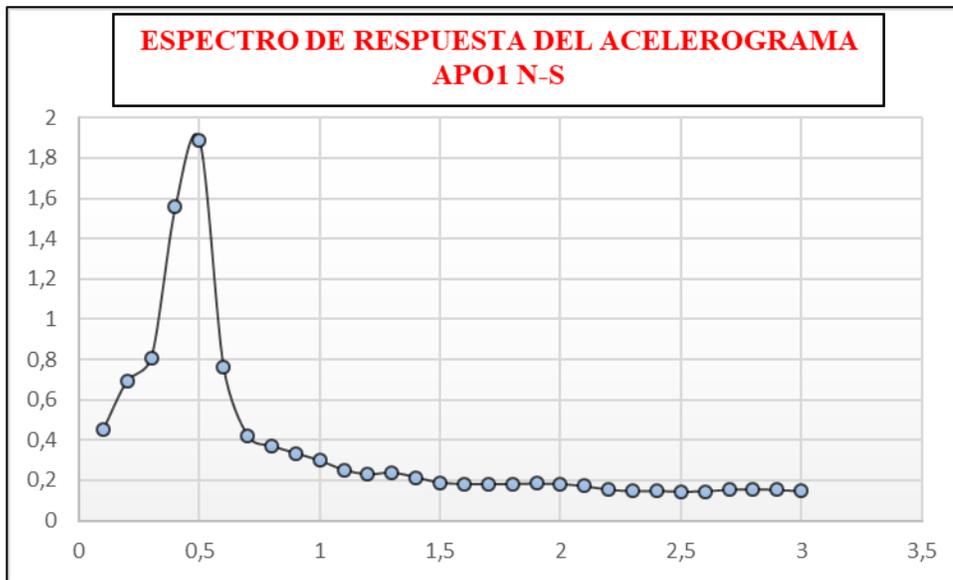


Ilustración 137 Estación APO1 (N-S) – suelo tipo D. Realizado por: Pablo Rojas Calle

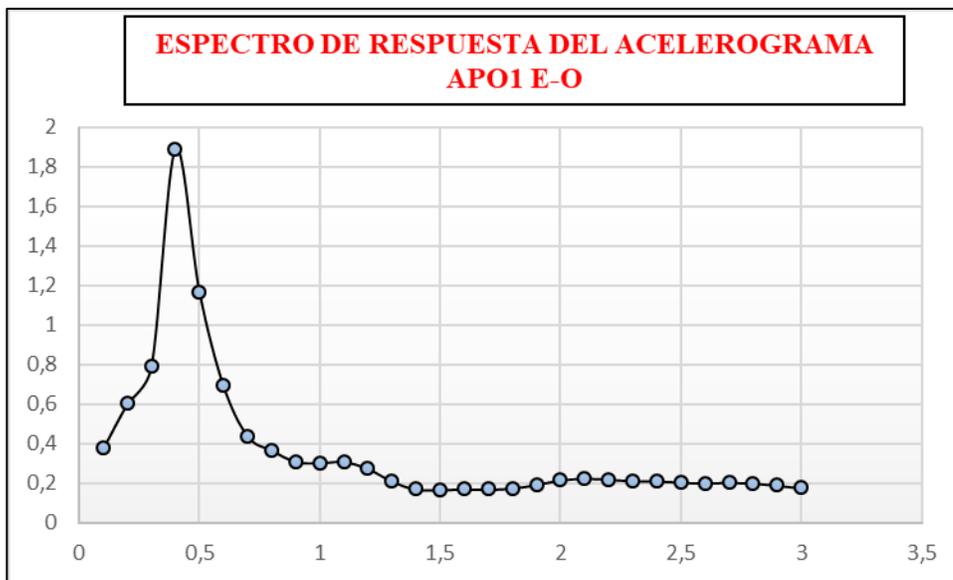


Ilustración 138 Estación APO1 (E-O) – suelo tipo D. Realizado por: Pablo Rojas Calle

5.12 Espectro de respuesta del acelerograma – Manta

5.12.1 Estación: AMNT.

Tipo de suelo: C (Ver ilustraciones 139 y 140)

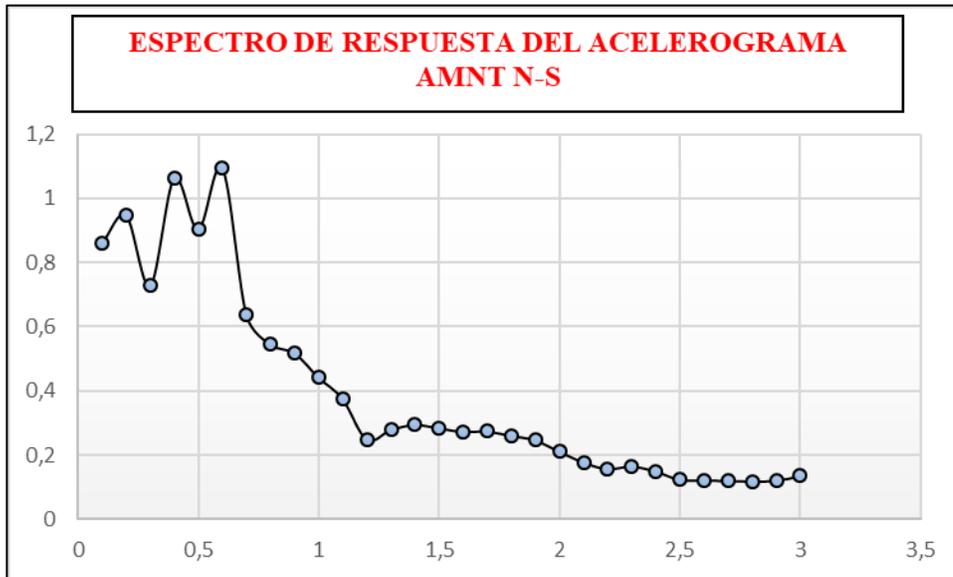


Ilustración 139 Estación AMNT (N-S) – suelo tipo C. Realizado por: Pablo Rojas Calle

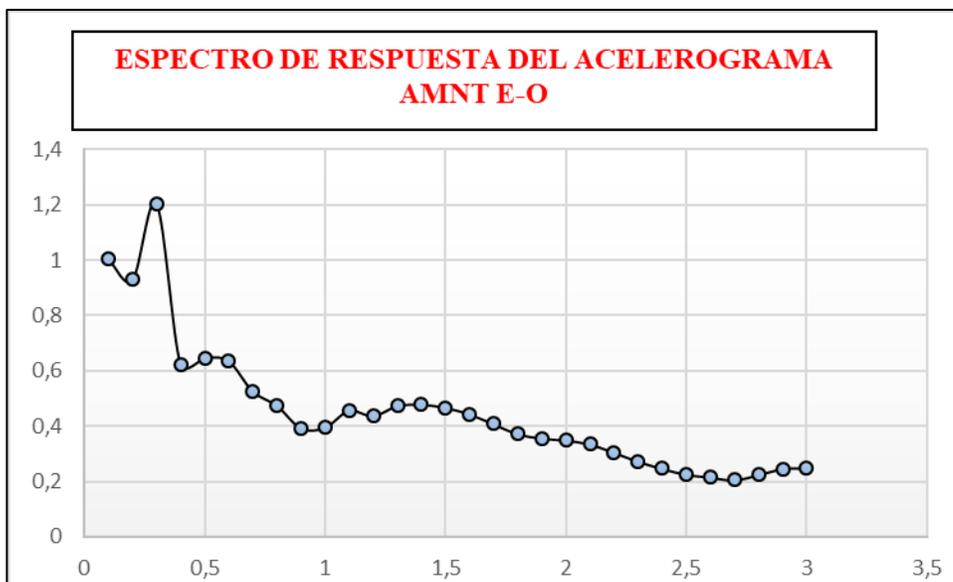


Ilustración 140 Estación AMNT (E-O) – suelo tipo C. Realizado por: Pablo Rojas Calle

5.13 Espectro de respuesta del acelerograma – Manta

5.13.1 Estación: AMNT (Modificada suelo tipo B).

Tipo de suelo: B (Ver ilustración 141)

Debido a que la estructura a analizar se encuentra sobre un tipo de suelo distinto al de la estación, al ser esta la única en el lugar. Se establece modificar la estación original asentada sobre un tipo de suelo C a B. La modificación de la estación se determina de la siguiente forma:

- Cambio de las ordenadas del acelerograma:

Tabla 50 Modificación de las ordenas del acelerograma (AMNT – suelo tipo B).

$0 < T < T_0$
$T_0 < T < T_c$
$T_c < T < T_l$

- Cambio de las abscisas del acelerograma:

Tabla 51 Modificación de las abscisas del acelerograma (AMNT – suelo tipo B).

$0 < T < T_0$	$f_2 = (F_{a1}/F_{a2}) * f_1$
$T_0 < T < T_c$	$f_2 = (F_{a1}/F_{a2}) * f_1$
$T_c < T < T_l$	$f_2 = (F_{a2}/F_{a1}) * (F_{a1} * F_{d2} * F_{s2} / F_{a2} * F_{d1} * F_{s1})$

Espectro de respuesta del acelerograma modificado suelo B – Manta

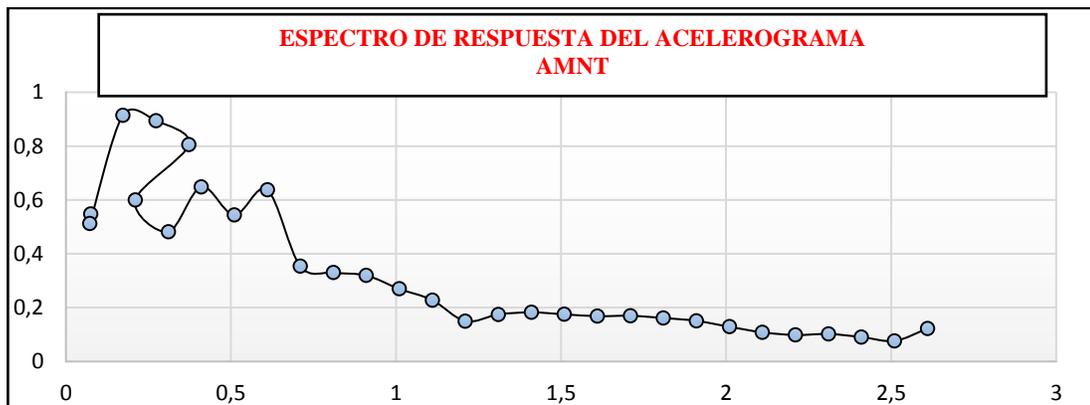


Ilustración 141 Estación AMNT – suelo tipo B (modificado). Realizado por: Pablo Rojas Calle

5.14 Espectro de respuesta del acelerograma – Manta

5.14.1 Estación: AMNT (Modificada suelo tipo D).

Tipo de suelo: D (Ver ilustración 142)

Debido a que la estructura a analizar se encuentra sobre un tipo de suelo distinto al de la estación, al ser esta la única en el lugar. Se establece modificar la estación original asentada sobre un tipo de suelo C a D. La modificación de la estación se determina de la siguiente forma:

- Cambio de las ordenadas del acelerograma:

Tabla 52 Modificación de las ordenas del acelerograma (AMNT – suelo tipo D).

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

- Cambio de las abscisas del acelerograma:

Tabla 53 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 del acelerograma modificado suelo D – Manta

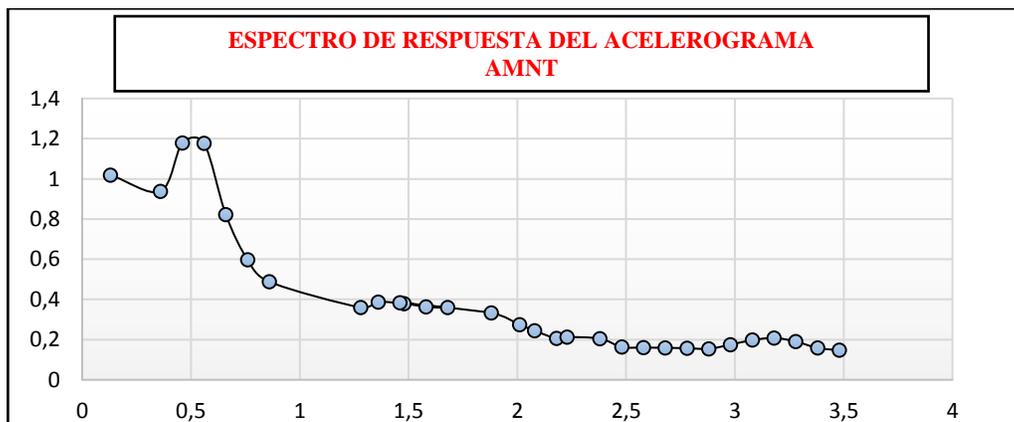


Ilustración 142 Estación AMNT – suelo tipo D (modificado). Realizado por: Pablo Rojas Calle

5.15 Espectro de respuesta del acelerograma – Chone

5.15.1 Estación: ACHN.

Tipo de suelo: D (Ver ilustraciones 143 y 144)

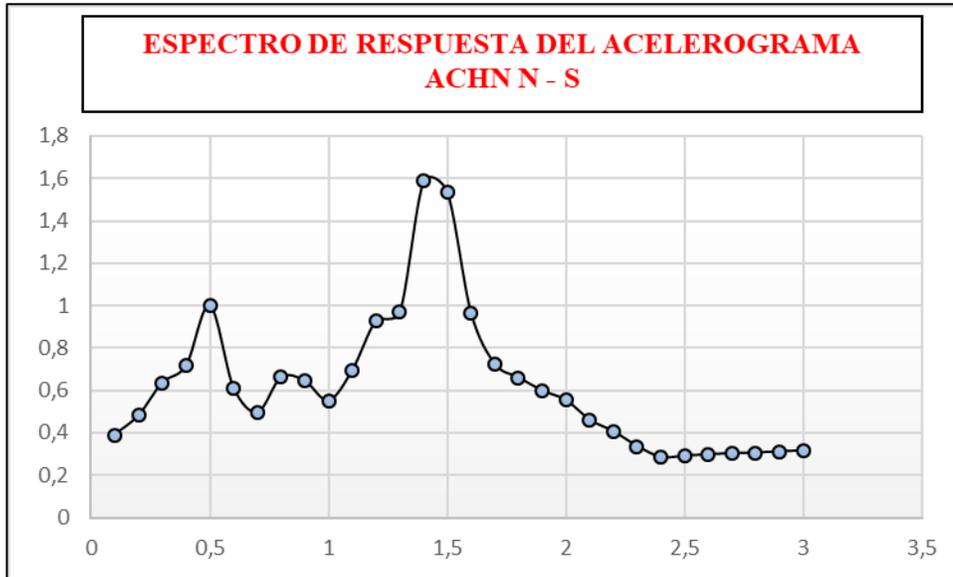


Ilustración 143 Estación ACHN (N-S) – suelo tipo D. Realizado por: Pablo Rojas Calle

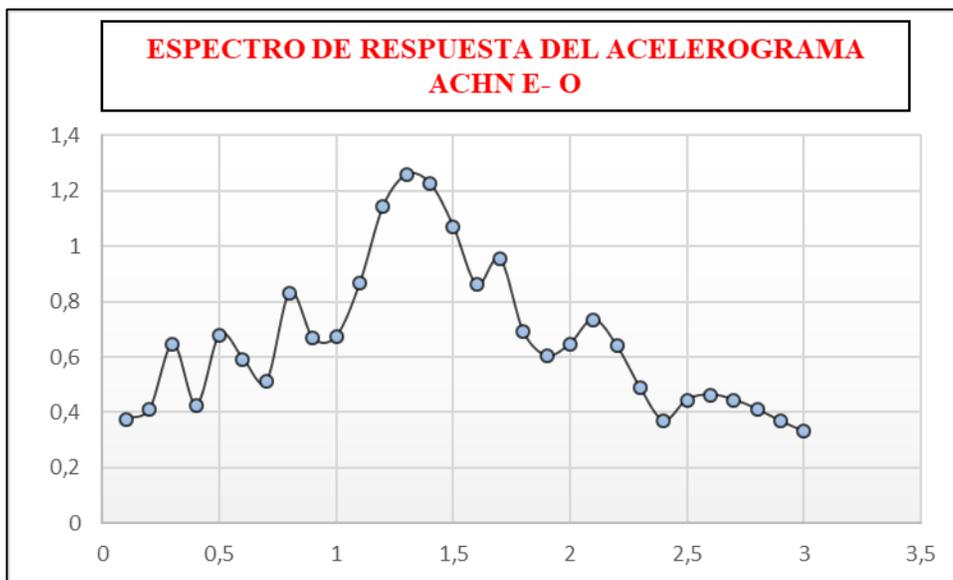


Ilustración 144 Estación ACHN (E-O) – suelo tipo D. Realizado por: Pablo Rojas Calle

5.16 Espectro de respuesta del acelerograma – Chone

5.16.1 Estación: ACHN (Modificada suelo tipo E).

Tipo de suelo: E (Ver ilustración 145)

Debido a que la estructura a analizar se encuentra sobre un tipo de suelo distinto al de la estación, al ser esta la única en el lugar. Se establece modificar la estación original asentada sobre un tipo de suelo D a E. La modificación de la estación se determina de la siguiente forma:

- Cambio de las ordenadas del acelerograma:

Tabla 54 Modificación de las ordenas del acelerograma (ACHN – suelo tipo E).

$0 < T < T_0$
$T_0 < T < T_c$
$T_c < T < T_l$

- Cambio de las abscisas del acelerograma:

Tabla 55 Modificación de las abscisas del acelerograma (ACHN – suelo tipo E).

$0 < T < T_0$	$f_2 = (F_{a1}/F_{a2}) * f_1$
$T_0 < T < T_c$	$f_2 = (F_{a1}/F_{a2}) * f_1$
$T_c < T < T_l$	$f_2 = (F_{a2}/F_{a1}) * (F_{a1} * F_{d2} * F_{s2} / F_{a2} * F_{d1} * F_{s1})$

Espectro de respuesta del acelerograma modificado suelo E – Chone

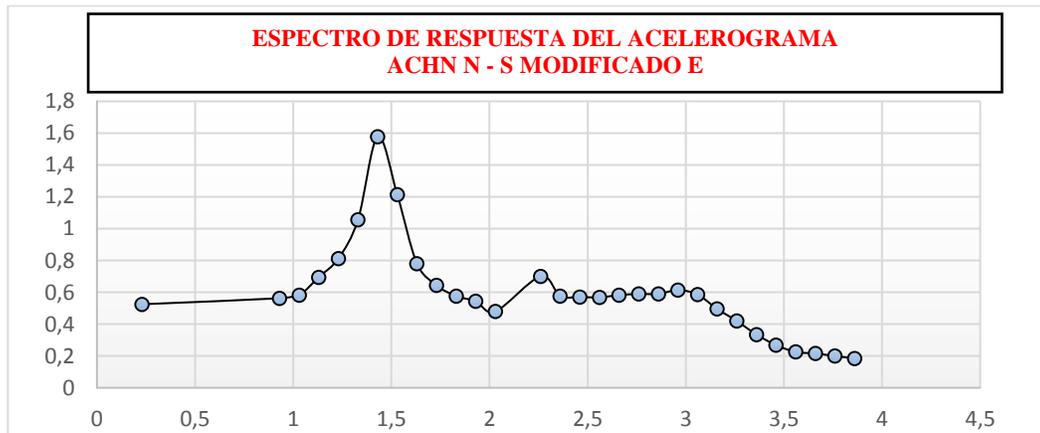


Ilustración 145 Estación ACHN – suelo tipo E (Modificado). Realizado por: Pablo Rojas Calle

6 FICHAS DE DESEMPEÑO SÍSMICO DE ESTRUCTURAS ESENCIALES.

Para la elaboración de las fichas de desempeño sísmico de estructuras esenciales se seleccionó las estructuras a analizar, tomando en cuenta todos sus factores de vulnerabilidad, irregularidades y el tipo de suelo sobre el que se encontraban ubicadas.

De esta forma se lleva el análisis de los distintos sismos que afectaron a Ecuador a partir de 1977, recalcando que para los sismos de 1980 y 1998 se utilizan los registros del sismo del 16 de abril del 2016 por la similitud de su período de retorno, ya que son considerados sismos similares, esto se lo realiza porque para este tipo de sismos no hay información de los registros sísmicos, por ende para el estudio del desempeño sísmico de las estructuras esenciales en esa época se utiliza este recurso. Además es importante exponer que para el sismo de 1995, no hay como utilizar los registro del sismo del 2016, ya que son sismos distintos en sus características, con lo cual no se puede analizar la estructura seleccionada de la misma forma, es por eso que se reportara las irregularidades presentadas en la edificación, con la finalidad de entender porque fallaron sus elementos estructurales y no estructurales.

En la tabla 56 se muestra el listado de edificaciones para el estudio del desempeño sísmico.

Tabla 56 Lista de edificaciones de ocupación esencial para el estudio del desempeño sísmico:

Hospital Valenzuela - Guayaquil	Sismo del 18 de agosto de 1980
Hospital Guayaquil - Guayaquil	Sismo del 18 de agosto de 1980
Hospital Naval - Guayaquil	Sismo del 18 de agosto de 1980
Hospital José María Velasco Ibarra - Tena	Sismo del 2 de octubre de 1995
Hospital Miguel H. Alcívar - Bahía de Caráquez	Sismo del 4 de agosto de 1998

Hospital Naval - Guayaquil	Sismo del 16 de abril del 2016
Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social - Manta	Sismo del 16 de abril del 2016
Hospital Rodríguez Zambrano - Manta	Sismo del 16 de abril del 2016
Clínica Manta - Manta	Sismo del 16 de abril del 2016
Hospital SOLCA - Portoviejo	Sismo del 16 de abril del 2016
Clínica Santa Margarita - Portoviejo	Sismo del 16 de abril del 2016
Farmacia San Gregorio - Portoviejo	Sismo del 16 de abril del 2016
Clínica San Antonio - Portoviejo	Sismo del 16 de abril del 2016
Hospital Miguel H. Alcívar - Bahía de Caráquez	Sismo del 16 de abril del 2016
Hospital Napoleón Dávila - Chone	Sismo del 16 de abril del 2016

GUAYAQUIL – ESTACIÓN AGYE

- ❖ **Sitio:** Guayaquil
- ❖ **Sismo:** 18 de agosto de 1980
- ❖ **Tipo de suelo:** B
- ❖ **Edificio:** Hospital Valenzuela
- ❖ **Período de la estructura:** 0.42 seg.

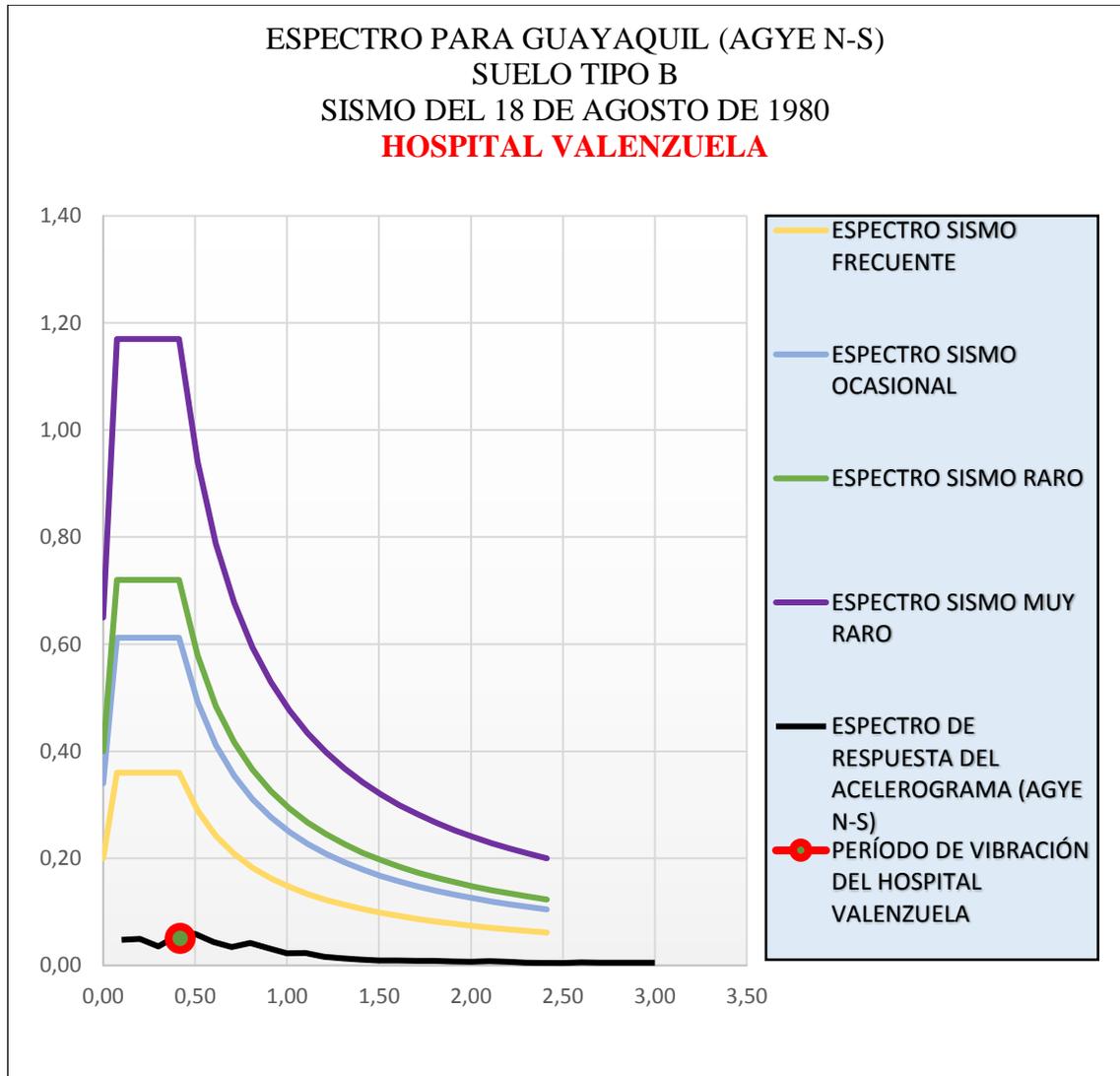


Ilustración 146 Ficha de desempeño sísmico del Hospital Valenzuela Realizado por: Pablo Rojas Calle

Conclusión:

- Sismo Frecuente. (Ver tabla 32)

Observación de daños:

- Varias de sus zonas resultaron afectadas con deterioros menores.
- Se produjo agrietamientos en elementos estructurales.
- Fisuras en vigas del pabellón de varones.

Desempeño:

Dado que en el sitio de la edificación analizada ocurrió un sismo menos que Frecuente, se determina de acuerdo a la Norma de Construcción y Diseño sismo-resistente que no debería haber ningún tipo de daño en sus instalaciones que cause la suspensión de sus actividades (ver tabla 33). Por lo tanto, aunque el hospital no tuvo daños severos y continuó operando restringiendo ciertas áreas de su instalación no se le puede categorizar con un desempeño aceptable en general porque hubo daños en ciertas áreas que causaron la suspensión parcial y amerito su rehabilitación. Además debemos recalcar que las áreas donde continuó operando el hospital tuvo un buen desempeño sísmico.

6.1.1 Derivas del Hospital Valenzuela:



Ilustración 147 Desplazamiento de respuesta AGYE para el Hospital Valenzuela.

Realizado por: Pablo Rojas Calle

Se determina el coeficiente S_d , es decir el espectro elástico de diseño de desplazamientos, el mismo que depende del período de vibración de la estructura. (NEC-15)

- $S_d = 0,0022$
- $T = 0,42$

En la tabla 57 tenemos el cálculo de las derivas por medio del espectro de desplazamiento del sismo real:

Tabla 57 Derivas del Hospital Valenzuela.

$\Delta_e = S_d / H$	
Δ_e	0,00023
$\Delta_m = 1 \times \Delta_e$	
Δ_m	0,00023
$\Delta_m < 0,02$	

Realizado por: Pablo Rojas Calle

Límites permisibles de las derivas de los pisos:

En la tabla 31 indica la deriva máxima para cualquier piso que no excederá los límites de deriva inelástica establecidos por la Norma Ecuatorina de Construcción y Diseño sismo-resistente. .

Las derivas del hospital Valenzuela no sobrepasan los valores establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción para una edificación de hormigón armado, es así que los pequeños daños que sufrió la edificación no se le puede atribuir de tal forma a las derivas, lo cual lleva a la conclusión que el hospital tenía factores de riesgo sísmico tales como:

- Condición indeseable de columna débil – viga fuerte.
- Pequeña irregularidad vertical.
- Poca rigidez en planta baja.
- Muy vulnerable a daños de tipo no estructural.

GUAYAQUIL – ESTACIÓN AGYE1

- ❖ **Sitio:** Guayaquil
- ❖ **Sismo:** 18 de agosto de 1980
- ❖ **Tipo de suelo:** E
- ❖ **Edificio:** Hospital Naval
- ❖ **Período de la estructura:** 0.85 seg.

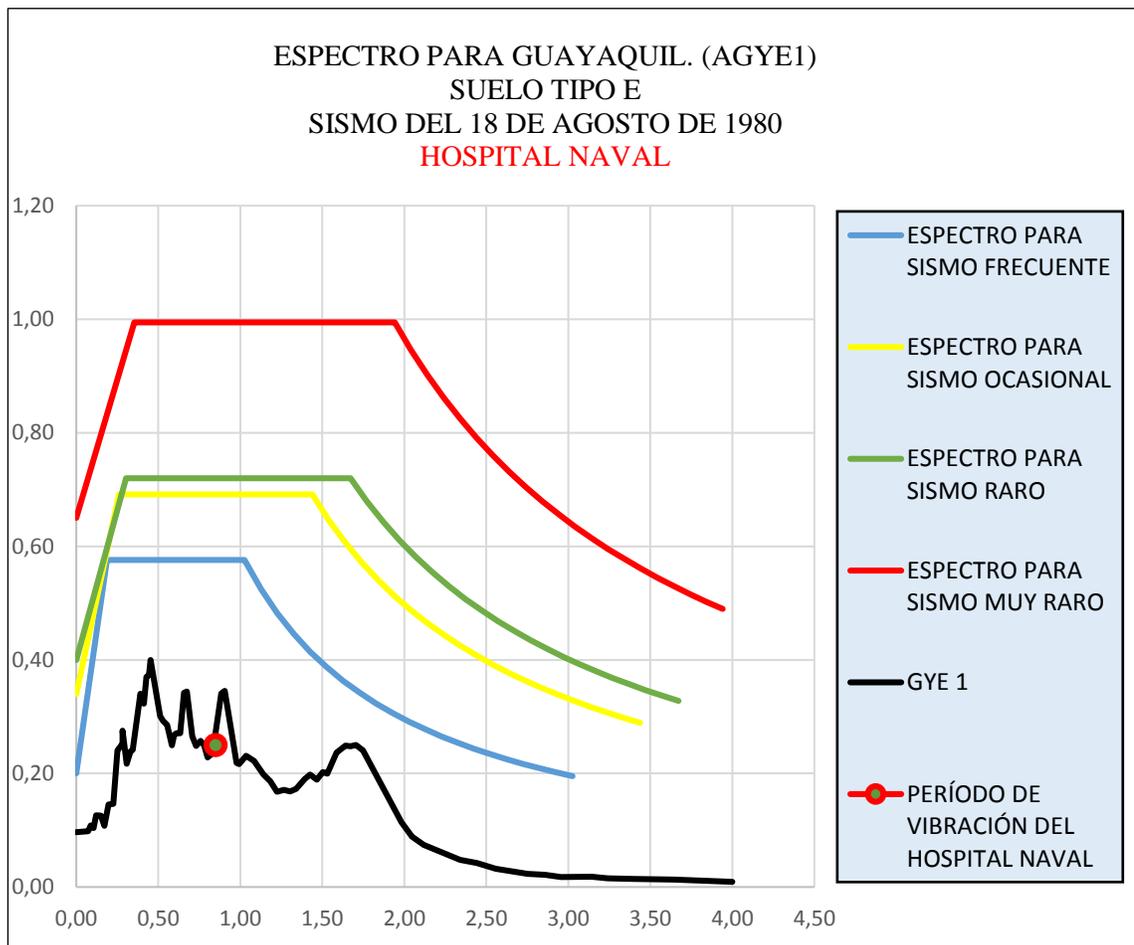


Ilustración 148 Ficha de desempeño sísmico del Hospital Naval. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Conclusión:

- Sismo Frecuente. (Ver tabla 32)

Observación de daños:

- Tuvo daños Arquitectónicos.

- Agrietamiento de un enlucido colocado indebidamente en una junta sísmica de dilatación. (Argudo & Yela, 1995)

Desempeño:

De acuerdo a la Norma de Construcción y Diseño sismo-resistente se establece que ante un sismo frecuente no debería haber daños que causen la suspensión parcial o total de la instalación médica (ver tabla 33), por lo tanto, se considera que como el Hospital Naval luego del sismo siguió operativo ante emergencias médicas y sus daños fue de mampostería, se podrá determinar que estuvo en un rango aceptable el desempeño sísmico de su edificación porque no paro su funcionamiento.

6.1.2 Derivas del Hospital Naval:



Ilustración 149 Desplazamiento de respuesta AGYE1 para el Hospital Naval. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Se determina el coeficiente S_d , es decir el espectro elástico de diseño de desplazamientos, el mismo que depende del período de vibración de la estructura. (NEC-15)

- $S_d = 0,042$
- $T = 0,85$

En la tabla 58 tenemos el cálculo de las derivas por medio del espectro de desplazamiento del sismo real:

Tabla 58 Derivas del Hospital Naval.

$\Delta_e = S_d / H$	
Δ_e	0,0020
$\Delta_m = 0,75 \times \Delta_e$	
Δ_m	0,0015
$\Delta_m < 0,02$	

Realizado por: Pablo Rojas Calle

Límites permisibles de las derivas de los pisos:

En la tabla 31 indica la deriva máxima para cualquier piso que no excederá los límites de deriva inelástica establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción y Diseño sismo-resistente.

Las derivas del Hospital Naval no sobrepasan los valores establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción para edificaciones de hormigón armado, aunque estos valores establecidos son muy cuestionados por ser muy altos, ya que se considera que con valores entre 0.2% y 0.5% podría haber daños en las instalaciones de las edificaciones, recalcando que el Hospital Naval tuvo daños de mampostería leves, lo que significó que el establecimiento médico siga operativo ante cualquier emergencia.

GUAYAQUIL – ESTACIÓN AGYE1

- ❖ **Sitio:** Guayaquil
- ❖ **Sismo:** 18 de agosto de 1980
- ❖ **Tipo de suelo:** E
- ❖ **Edificio:** Hospital Guayaquil
- ❖ **Período de la estructura:** 0.89 seg.

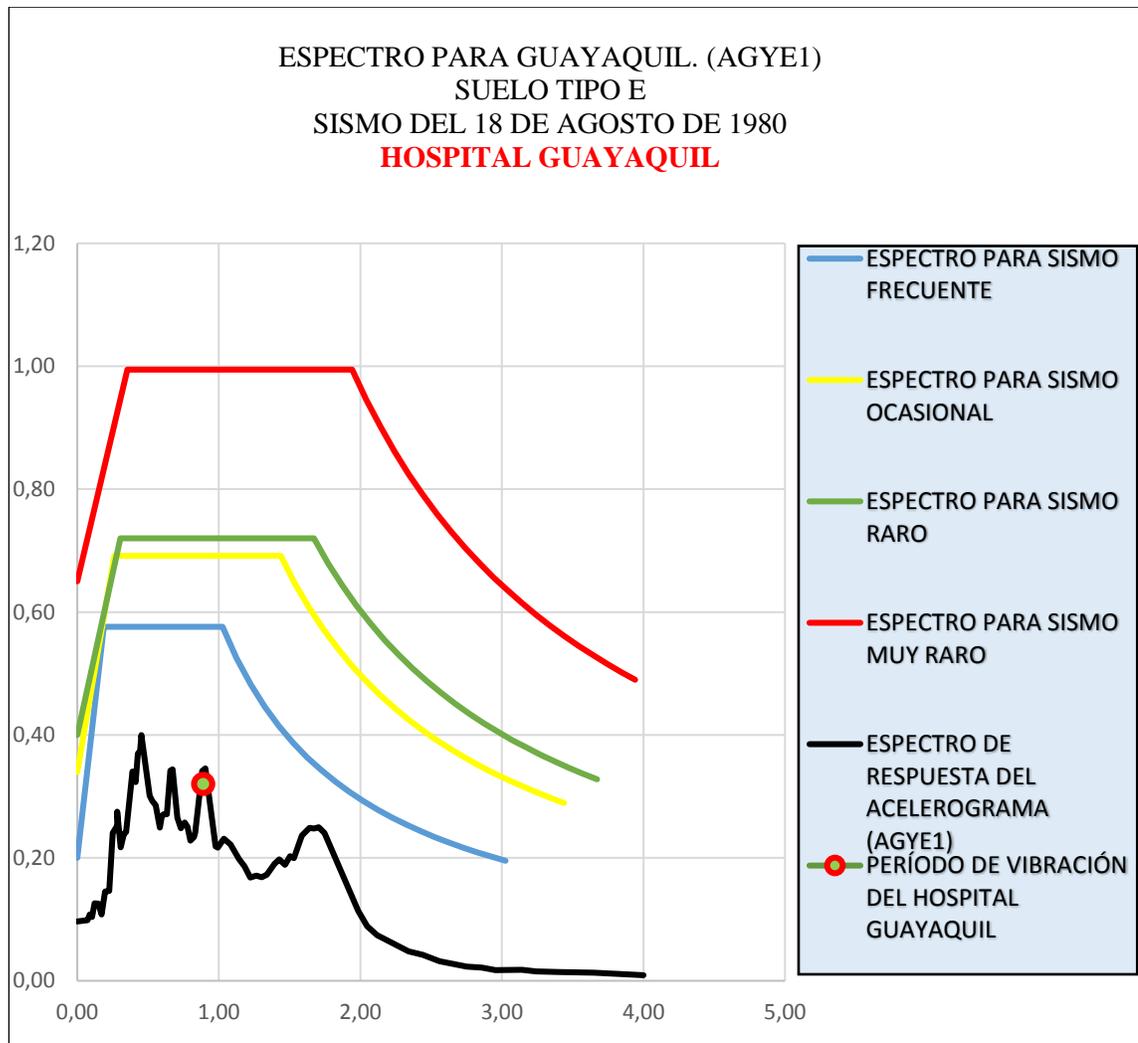


Ilustración 150 Ficha de desempeño sísmico del Hospital Guayaquil. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Conclusión:

- Sismo Frecuente. (Ver tabla 32)

Observación de daños:

- Tuvo daños Arquitectónicos y deterioro de instalaciones vitales. Varias de sus zonas fueron afectadas con deterioros menores.

Desempeño:

De acuerdo a la Norma de Construcción y Diseño sismo-resistente se establece que ante un sismo frecuente no debería haber daños que causen la suspensión parcial o total de la instalación médica (ver tabla 33), de esta manera determinamos que como el hospital Guayaquil no suspendió sus servicios médicos se considera que tuvo un desempeño sísmico aceptable de su edificación, pese que varias de sus zonas fueron afectadas con deterioros menores.

6.1.3 Derivas del Hospital Guayaquil:



Ilustración 151 Desplazamiento de respuesta AGYE1 para el Hospital Guayaquil. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Se determina el coeficiente S_d , es decir el espectro elástico de diseño de desplazamientos, el mismo que depende del período de vibración de la estructura. (NEC-15)

- $S_d = 0,053$
- $T = 0,89$

En la tabla 59 tenemos el cálculo de las derivas por medio del espectro de desplazamiento del sismo real:

Tabla 59 Derivas del Hospital Guayaquil.

$\Delta_e = S_d / H$	
Δ_e	0,0024
$\Delta_m = 0,75 \times \Delta_e$	
Δ_m	0,0018
$\Delta_m < 0,02$	

Realizado por: Pablo Rojas Calle

Límites permisibles de las derivas de los pisos:

En la tabla 31 indica la deriva máxima para cualquier piso que no excederá los límites de deriva inelástica establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción y Diseño sismo-resistente..

Las derivas del hospital Guayaquil no sobrepasan los valores establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción para edificaciones de hormigón armado, aunque estos valores establecidos son muy cuestionados por ser muy altos, ya que se considera que con valores entre 0.2% y 0.5% podría haber daño en las edificaciones, lo que explica los daños menores que sufrió esta casa médica , ya que el valor de sus derivas son bajos y no contribuyó para que su edificación sea afectada en mayor proporción causando la suspensión de sus actividades.

TENA: HOSPITAL JOSÉ MARÍA VELASCO IBARRA

- ❖ **Sitio:** Cordillera de Cutucú - Tena
- ❖ **Sismo:** 2 de octubre de 1995
- ❖ **Tipo de suelo:** Tipo C
- ❖ **Edificio:** Hospital José María Velasco Ibarra
- ❖ **Período de la estructura:** 0.72 seg

Dado que para el sismo de 1995 no se cuenta con registros sísmicos, la estructura del hospital José María Velasco Ibarra no se puede llevar el mismo análisis de estudio ya que no tenemos la información necesaria para desarrollarlo, por ende, exponemos los factores de riesgo sísmico que tenía la instalación médica.

- Mampostería mortero de mala calidad y resistencia.
- Insuficiente refuerzo transversal y pobre arrostramiento de las paredes.
- Juntas sísmicas de dilatación rígidas.
- Tuberías rígidas que atraviesan juntas sísmicas.
- Efecto de torsión accidental en el edificio, es decir se analizó que no se ha respetado la junta sísmica entre el bloque de consulta externa y el bloque principal “T”, con lo cual se ha perdido la simetría en la dirección N.S., en cuya dirección actuó el sismo.
- Irregular elevación, ya que esta edificación tenía cambios bruscos en elevación y juntas sísmicas, lo que provoca una falta de uniformidad y proporción.
- Configuración de la planta. El hospital tenía plantas que no poseían las virtudes de una arquitectura sismo resistente.
- Deformabilidad excesiva de la estructura, dado que el hospital no disponía de muros o diafragmas diseñados para rigidizar al edificio y para soportar las fuerzas sísmicas de corte, han ocasionado a la estructura una deformabilidad posiblemente normal para edificios de uso esencial pero excesiva para hospitales. Esto significa que las paredes absorban fuerzas sísmicas en niveles no despreciables, produciendo de tal manera daños a consecuencia de su baja resistencia.
- Efecto de sitio.

- Instalaciones de líneas vitales. Muchas de las instalaciones de líneas vitales quedaron fuera de operación después del sismo debido a un mal mantenimiento.
- Equipos médicos. Los equipos suspendieron sus servicios por su mal estado, estos equipos habrían continuado en operación después del sismo si hubieran tenido un buen estado. (Argudo Rodríguez, 1995)

Desempeño:

El hospital José María Velasco Ibarra durante el sismo de 1995, si bien no resultó afectada la estructura de su instalación médica, no puede ser categorizado con un desempeño sísmico adecuado ya que los daños que sufrió la edificación causó que el hospital quede inoperativo y evacúe sus pacientes a otras casas médicas, además el nivel de daño de sus componentes no estructurales fue muy severo en algunos casos debido a un mal mantenimiento en sus instalaciones.

BAHÍA DE CARÁQUEZ – ESTACIÓN APO1

- ❖ **Sitio:** Bahía de Caráquez
- ❖ **Sismo:** 4 de agosto de 1998
- ❖ **Tipo de suelo:** Tipo D
- ❖ **Edificio:** Hospital Miguel H. Alcívar
- ❖ **Período de la estructura:** 0.72 seg

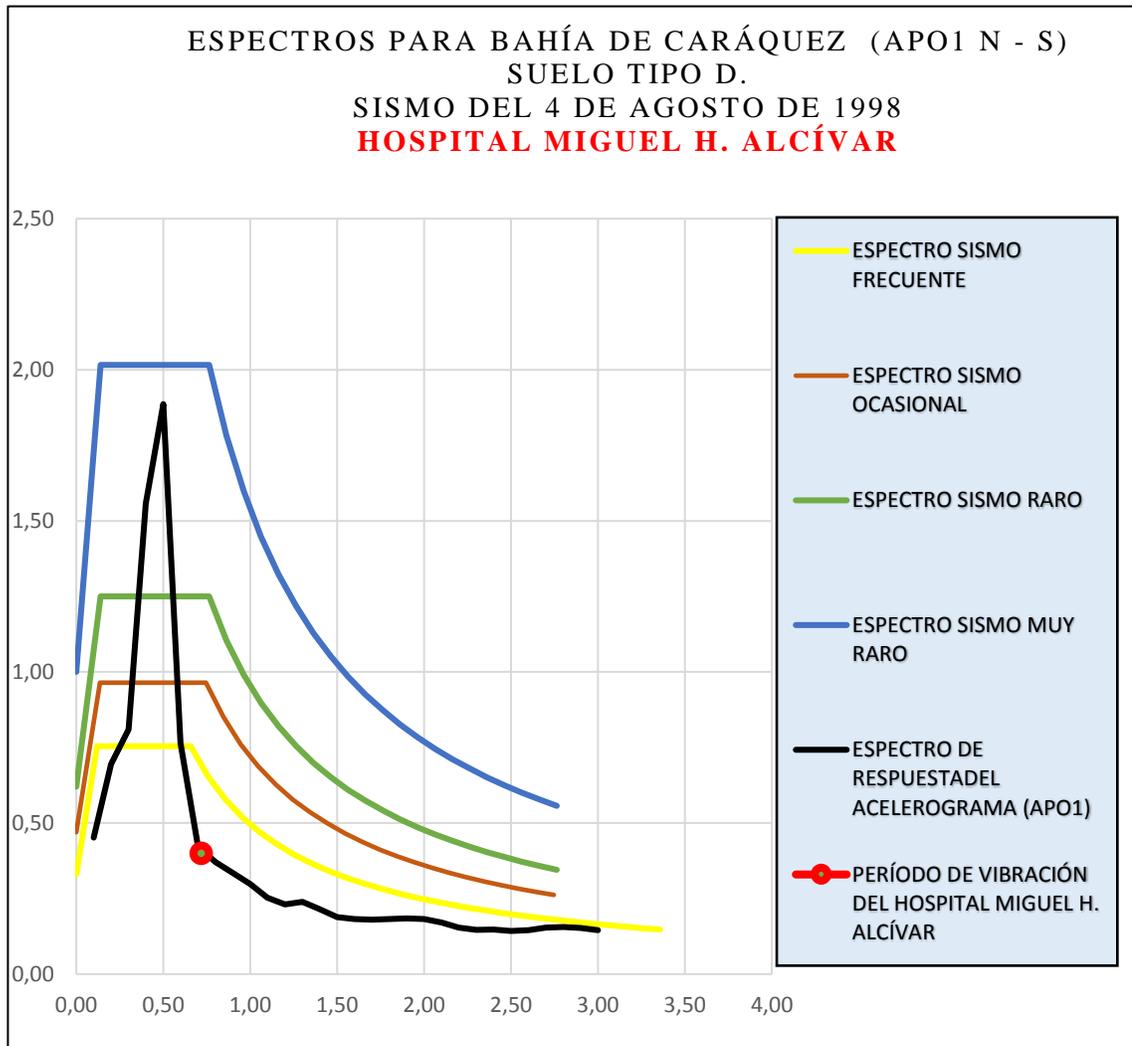


Ilustración 152 Ficha de desempeño sísmico del Hospital Miguel H. Alcívar. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Conclusión:

- Sismo Frecuente. (Ver tabla 32)

Observación de daños:

- Resultó con daños severos en áreas de consulta externa, laboratorio, áreas de administración, rayos x, emergencia, cocina y lavandería de planta baja. Como también, pero de menor severidad afectó a áreas de esterilización, cirugía y hospitalización para la maternidad del primer piso del hospital.
- Esta edificación también resultó afectada en sus elementos no estructurales, tales como arquitectónicos, equipos e instalaciones de líneas vitales.
- Hay que recalcar que esta edificación sufrió de daños estructurales solamente en las columnas de planta baja, en donde al menos cuatro columnas fallaron por la acción del cortante sísmico en la estructura. (Rodríguez, 1998)

Desempeño:

Dado que en el sitio de la edificación analizada ocurrió un sismo Frecuente, se determina de acuerdo a la Norma de Construcción y Diseño sismo-resistente que no debería haber ningún tipo de daño en sus instalaciones que ocasione la suspensión parcial o total de sus atenciones médicas (ver tabla 33). Por consiguiente, el hospital Miguel H. Alcívar no tuvo un adecuado desempeño sísmico ya que se encontraba inoperativo.

6.1.4 Derivas del Hospital Miguel H. Alcívar:

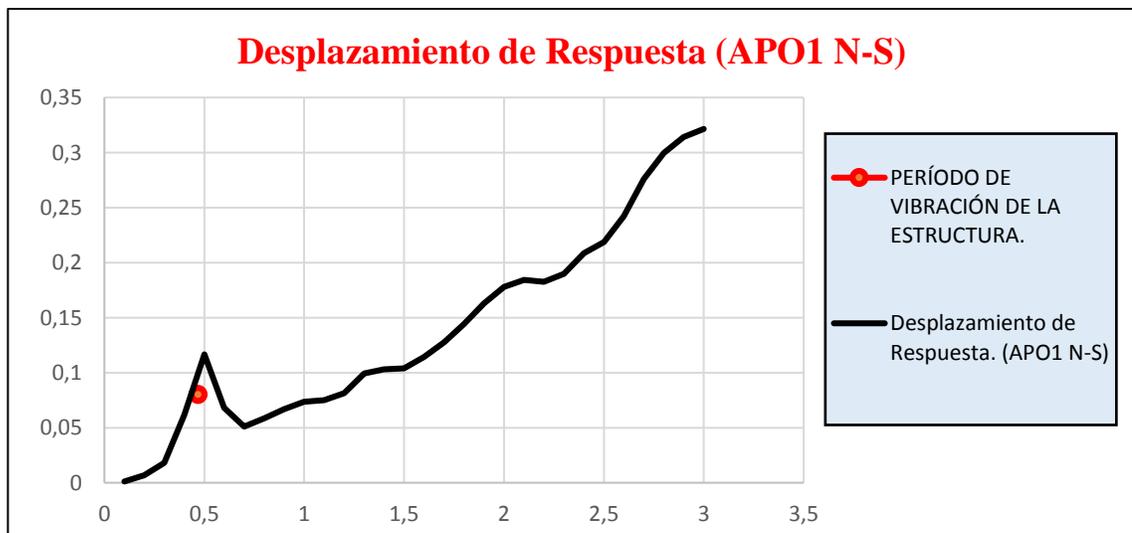


Ilustración 153 Desplazamiento de respuesta APO1 para el Hospital Miguel H. Alcívar.

Realizado por: Pablo Rojas Calle

Se determina el coeficiente S_d , es decir el espectro elástico de diseño de desplazamientos, el mismo que depende del período de vibración de la estructura. (NEC-15)

- $S_d = 0,055$
- $T = 0,72$

En la tabla 60 tenemos el cálculo de las derivas por medio del espectro de desplazamiento del sismo real:

Tabla 60 Derivas del Hospital Miguel H. Alcívar.

$\Delta_e = S_d / H$	
Δ_e	0,0031
$\Delta_m = 0,75 \times \Delta_e$	
Δ_m	0,0024
$\Delta_m < 0,02$	

Realizado por: Pablo Rojas Calle

Límites permisibles de las derivas de los pisos :

En la tabla 31 indica la deriva máxima para cualquier piso que no excederá los límites de deriva inelástica establecidos por la Norma. (NEC-15)

Las derivas del hospital Miguel H. Alcívar de acuerdo a la Norma no sobrepasan los máximos valores fijados para edificaciones de hormigón armado, pese a que estos valores son algo exagerados ya que en un rango de 0.2% a 0.5% podría existir daño en las edificaciones. De esta manera no podemos atribuir todos los daños que sufrió a causa del sismo ya que sus derivas no son muy elevadas, lo que nos lleva a la conclusión de que la edificación tenía unos factores de riesgo tales como:

- La estructura del hospital no estaba diseñada para soportar sin daño estructural o colapso, es decir la máxima sollicitación sísmica que probablemente ocurriría al

menos una vez durante la vida útil de la edificación. Además, los sismos de servicio podían generar daño de tipo no estructural y paralizar los servicios médicos, es decir dejando al hospital no operativo para sus funciones.

- Esta edificación tenía una mala estructuración de sus pórticos, los cuales tenían columnas muy débiles de 40cm x 40cm, es decir daba mucha flexibilidad a los movimientos de traslación y rotación, como también una insuficiente resistencia al cortante sísmico, concluyendo que esto resultaba un mecanismo de colapso frágil a la estructura.
- Otro aspecto a tomar en cuenta es, que en elevación la distribución de rigideces no era buena, ya que la planta baja y el primer piso eran muchos más débiles que los otros pisos. Esto producía que los tres pisos superiores sufran deformaciones lateralmente muy poco y que los daños se acumulen en los primeros pisos. (Rodríguez, 1998)

GUAYAQUIL – ESTACIÓN AGYE1

- ❖ **Sitio:** Guayaquil
- ❖ **Sismo:** 16 de abril del 2016
- ❖ **Tipo de suelo:** E
- ❖ **Edificio:** Hospital Naval
- ❖ **Período de la estructura:** 0.85 seg.

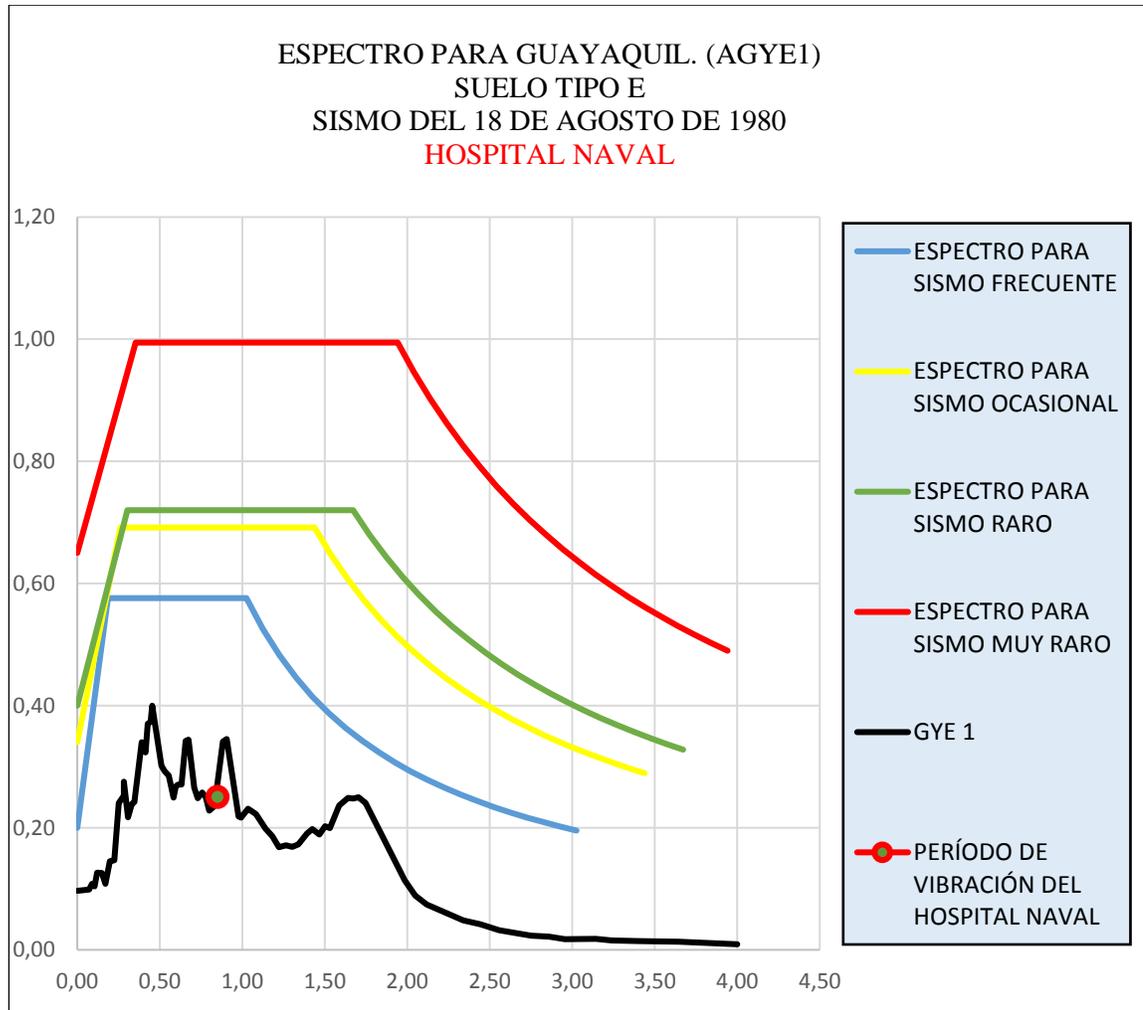


Ilustración 154 Fichas de desempeño sísmico del Hospital Naval. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Conclusión:

- Sismo Frecuente. (Ver tabla 32)

Observación de daños:

- Pilares y paredes resquebrajadas tanto en el interior y exterior del hospital.
- Se observaron grietas en paredes, vidrios rotos, como también el colapso parcial del tumbado en algunas áreas del hospital.
- Las áreas de hospitalización y quirófano del hospital tuvieron que ser evacuadas tras los daños ocasionados por el sismo. Hay que recalcar que el daño registrado en el hospital no fue de tipo estructural sino más bien fue superficial, como lo es su mampostería.

Desempeño:

De acuerdo a la Norma de Construcción y Diseño sismo-resistente se establece que ante un sismo frecuente no debería haber daños que causen la suspensión parcial o total de la instalación médica (ver tabla 33), por lo tanto, se considera que a pesar de que el Hospital Naval no tuvo daños de tipo estructural y continuó operando solo en ciertas áreas ya que las demás tuvieron que ser evacuadas por las afectaciones, no tuvo un adecuado desempeño sísmico ya que su operatividad de la instalación médica tenía que ser total y no parcial.

6.1.5 Derivas del Hospital Naval:



Ilustración 155 Desplazamiento de respuesta AGYEI para el Hospital Naval del 2016.

Realizado por: Pablo Rojas Calle

Se determina el coeficiente S_d , es decir el espectro elástico de diseño de desplazamientos, el mismo que depende del período de vibración de la estructura. (NEC-15)

- $S_d = 0,051$
- $T = 0,85$

En la tabla 61 tenemos el cálculo de las derivas por medio del espectro de desplazamiento del sismo real:

Tabla 61 Derivas del Hospital Naval.

$\Delta_e = S_d / H$	
Δ_e	0,00243
$\Delta_m = 0,75 \times \Delta_e$	
Δ_m	0,00182
$\Delta_m < 0,02$	

Realizado por: Pablo Rojas Calle

Límites permisibles de las derivas de los pisos :

En la tabla 31 indica la deriva máxima para cualquier piso que no excederá los límites de deriva inelástica establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción y Diseño Sismorresistente.

De acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción el hospital Naval no excede los máximos valores establecidos para estructuras de hormigón armado, a pesar que se considera que con valores entre 0.2% y 0.5% podría haber daño en sus instalaciones, esto explica de cierta forma que los elementos estructurales de la edificación no fueron afectados ya que los daños por el cual se suspendió las actividades médicas fue a nivel de mampostería, como fisuras y grietas en su instalación.

CHONE – ESTACIÓN ACHN

- ❖ **Sitio:** Chone
- ❖ **Sismo:** 16 de abril del 2016 frente a las costas de Muisne.
- ❖ **Tipo de suelo:** Tipo E
- ❖ **Edificio:** Hospital Napoleón Dávila de Chone
- ❖ **Período de la estructura:** 0.80 seg

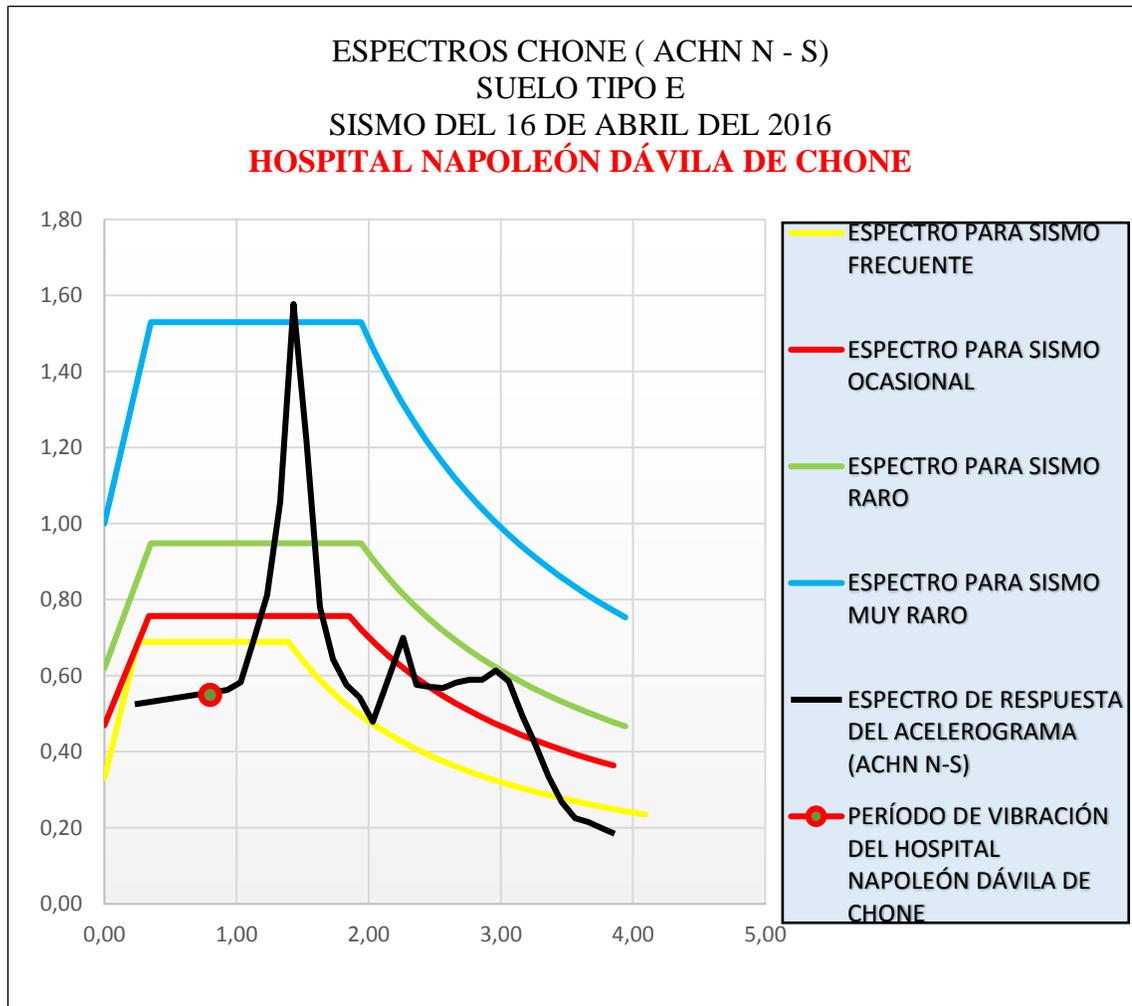


Ilustración 156 Fichas de desempeño sísmico del Hospital Napoleón Dávila de Chone.

Realizado por: Pablo Rojas Calle

Conclusión:

- Sismo Frecuente. (Ver tabla 32)

Observación de daños:

- Severas afectaciones en su parte estructural.
- Un informe realizado por la Organización Panamericana de la Salud que evaluaba estos establecimientos concluyó que tanto sus cimientos, columnas y vigas sufrieron daños muy severos y no podrían ser reparados. De esta forma su edificación de 5 pisos quedó como un rompecabezas debido a sus severos daños.
- Tuvo que ser demolido posterior al terremoto.
- Se encontraba sobre un suelo tipo E, que contribuyó con el efecto de sitio que generó daños estructurales en la edificación.

Desempeño:

Debido a la ocurrencia de un sismo frecuente en el sitio de la edificación, se determina de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Construcción que no debería haber daño ante un sismo de estas características que cause la suspensión de sus actividades médicas y que además provoque que su estructura quede severamente afectada (ver tabla 33), causando la demolición de la misma. Por lo tanto, el Hospital Napoleón Dávila de Chone tuvo un mal desempeño sísmico.

6.1.6 Derivas del Hospital Napoleón Dávila de Chone:

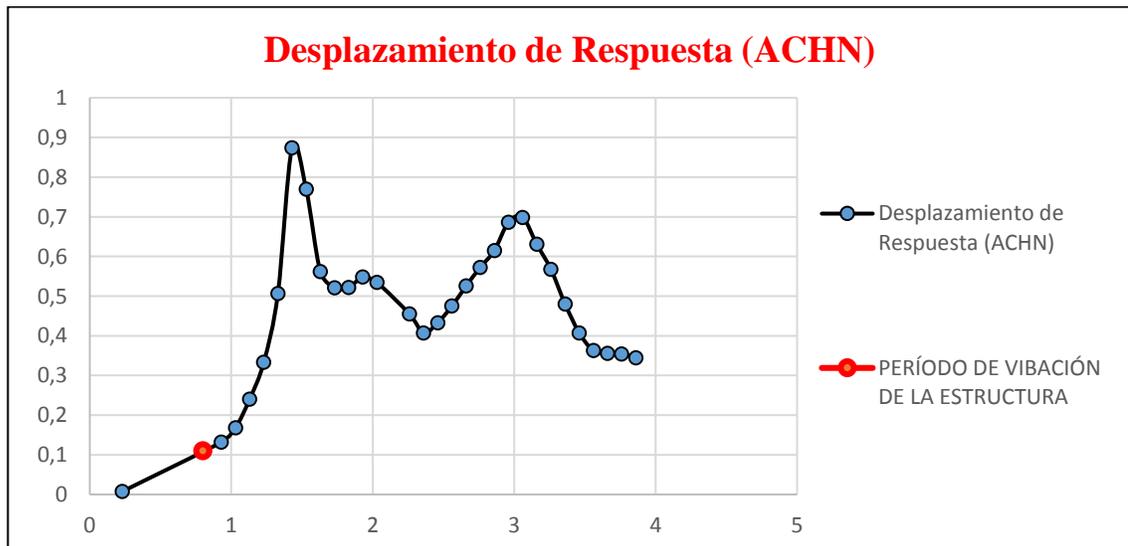


Ilustración 157 Desplazamiento de respuesta ACHN para el Hospital Napoleón Dávila de Chone. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Se determina el coeficiente S_d , es decir el espectro elástico de diseño de desplazamientos, el mismo que depende del período de vibración de la estructura. (NEC-15)

- $S_d = 0,11$
- $T = 0,80$

En la tabla 62 tenemos el cálculo de las derivas por medio del espectro de desplazamiento del sismo real:

Tabla 62 Derivas del Hospital Napoleón Dávila de Chone

$\Delta_e = S_d / H$	
Δ_e	0,00564
$\Delta_m = 0,75 \times \Delta_e$	
Δ_m	0,00423
$\Delta_m < 0,02$	

Realizado por: Pablo Rojas Calle

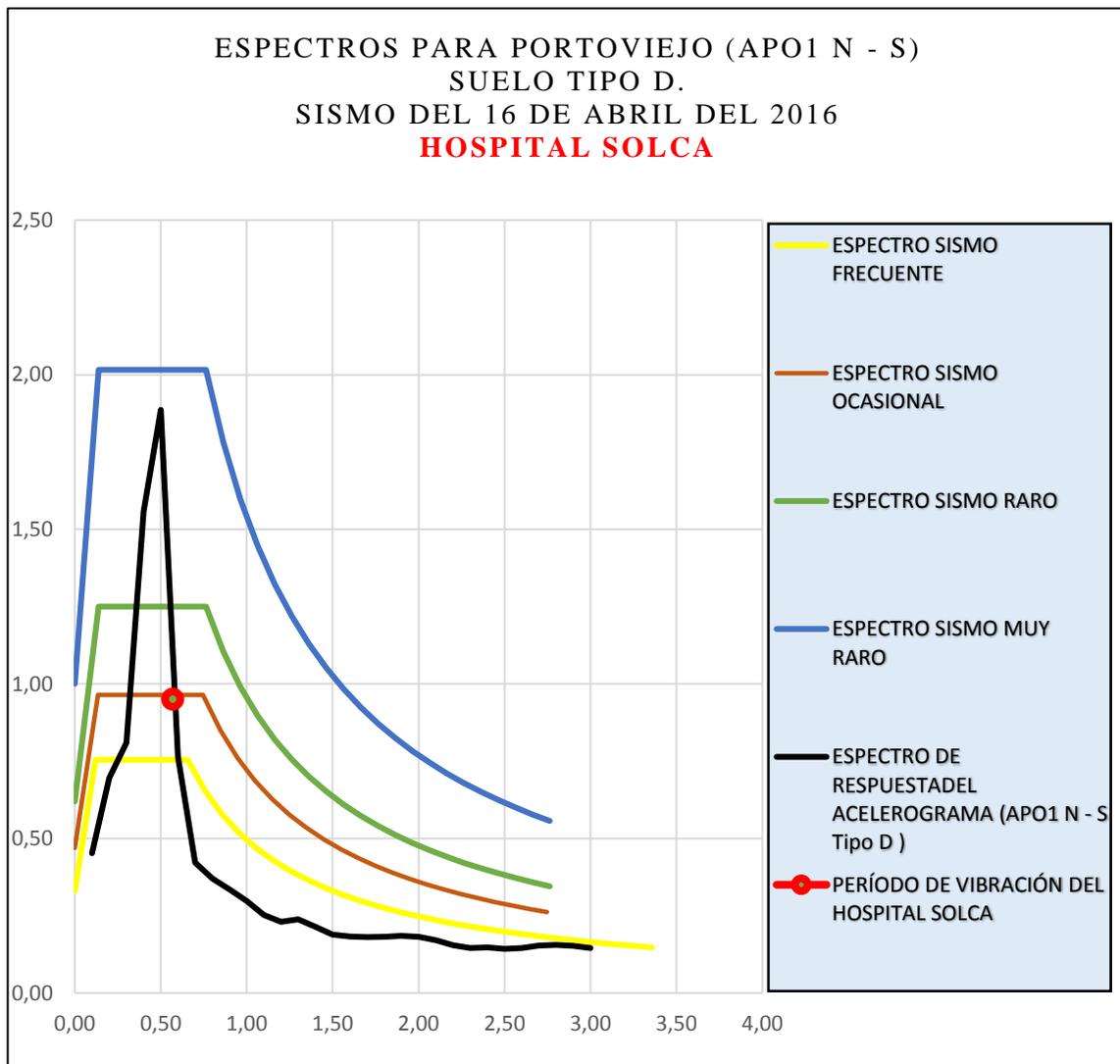
Límites permisibles de las derivas de los pisos:

En la tabla 31 indica la deriva máxima para cualquier piso que no excederá los límites de deriva inelástica establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción y Diseño Sismorresistente.

Las derivas del Hospital Napoleón Dávila de Chone de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Construcción no exceden los valores máximos para una estructura de hormigón armado, pero se considera que el valor máximo de la norma es muy exagerado, ya que se puede generar daños con valores entre 0.2% y 0.5%, por tal motivo esta edificación resultó con severos daños en sus instalaciones, atribuido a sus factores de riesgos sísmicos y las derivas.

PORTOVIEJO – ESTACIÓN APO1

- ❖ **Sitio:** Portoviejo
- ❖ **Sismo:** 16 de abril del 2016 frente a las costas de Muisne.
- ❖ **Tipo de suelo:** Tipo D
- ❖ **Edificio:** Hospital SOLCA
- ❖ **Período de la estructura:** 0.57 seg



*Ilustración 158 Fichas de desempeño sísmico del Hospital SOLCA – Portoviejo.
Realizado por: Pablo Rojas Calle*

Conclusión: Sismo Ocasional. (Ver tabla 32)

Observación de daños:

- Provocó que la instalación médica se encuentre inhabilitado en aproximadamente el 75% de su estructura.
- Entre las áreas más afectadas por el sismo fueron las de hospitalización, quirófanos e imagenología. Como también severos daños en sus 3 ascensores.
- Además, gran parte de las tuberías de oxígeno, agua se encontraban con afectaciones.
- Daños estructurales en portería, además se evidenció paredes fisuradas.
- Parte de su instalación quedó inoperativa, pero se pudo dar atención en otras áreas a pacientes que necesitaban tratamiento de inmediato. Desprendimiento en paredes en las instalaciones del hospital.

Desempeño:

De acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Construcción y Diseño sísmo-resistente, no deberá haber daño significativo que cause la suspensión parcial o total de sus actividades médicas ante un sismo ocasional (ver tabla 33). Lo cual indica que el Hospital SOLCA no tuvo un adecuado desempeño sísmico en general, ya que parte de su instalación quedó inoperativa luego del sismo del 16 de abril del 2016. Además debemos recalcar que la zona donde se continuó brindando atención fue la de emergencia, la misma que tuvo un aceptable desempeño sísmico.

6.1.7 Derivas del Hospital SOLCA:



Ilustración 159 Desplazamiento de respuesta APO1 para el Hospital SOLCA - Portoviejo.

Realizado por: Pablo Rojas Calle

Se determina el coeficiente S_d , es decir el espectro elástico de diseño de desplazamientos, el mismo que depende del período de vibración de la estructura. (NEC-15)

- $S_d = 0,075$
- $T = 0,57$

En la tabla 63 tenemos el cálculo de las derivas por medio del espectro de desplazamiento del sismo real:

Tabla 63 Derivas del Hospital SOLCA - Portoviejo

$\Delta_e = S_d / H$	
Δ_e	0,0056
$\Delta_m = 0,75 \times \Delta_e$	
Δ_m	0,0042
$\Delta_m < 0,02$	

Realizado por: Pablo Rojas Calle

Límites permisibles de las derivas de los pisos:

En la tabla 31 indica la deriva máxima para cualquier piso que no excederá los límites de deriva inelástica establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción y Diseño sismo-resistente.

Las derivas del hospital SOLCA en Portoviejo a pesar que no sobrepasa los valores establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción para una edificación de hormigón armado, hay que recalcar que estos valores establecidos son cuestionados por ser muy altos, razón por la cual con valores entre 0.2% y 0.5% puede existir daños en su edificación, lo cual es evidenciado en la instalación del Hospital de SOLCA que quedo inoperativo en ciertas áreas con severas afectaciones.

PORTOVIEJO – ESTACIÓN APO1

- ❖ **Sitio:** Portoviejo
- ❖ **Sismo:** 16 de abril del 2016 frente a las costas de Muisne.
- ❖ **Tipo de suelo:** Tipo D
- ❖ **Edificio:** Clínica Santa Margarita (Bloque 2)
- ❖ **Período de la estructura:** 0.80 seg

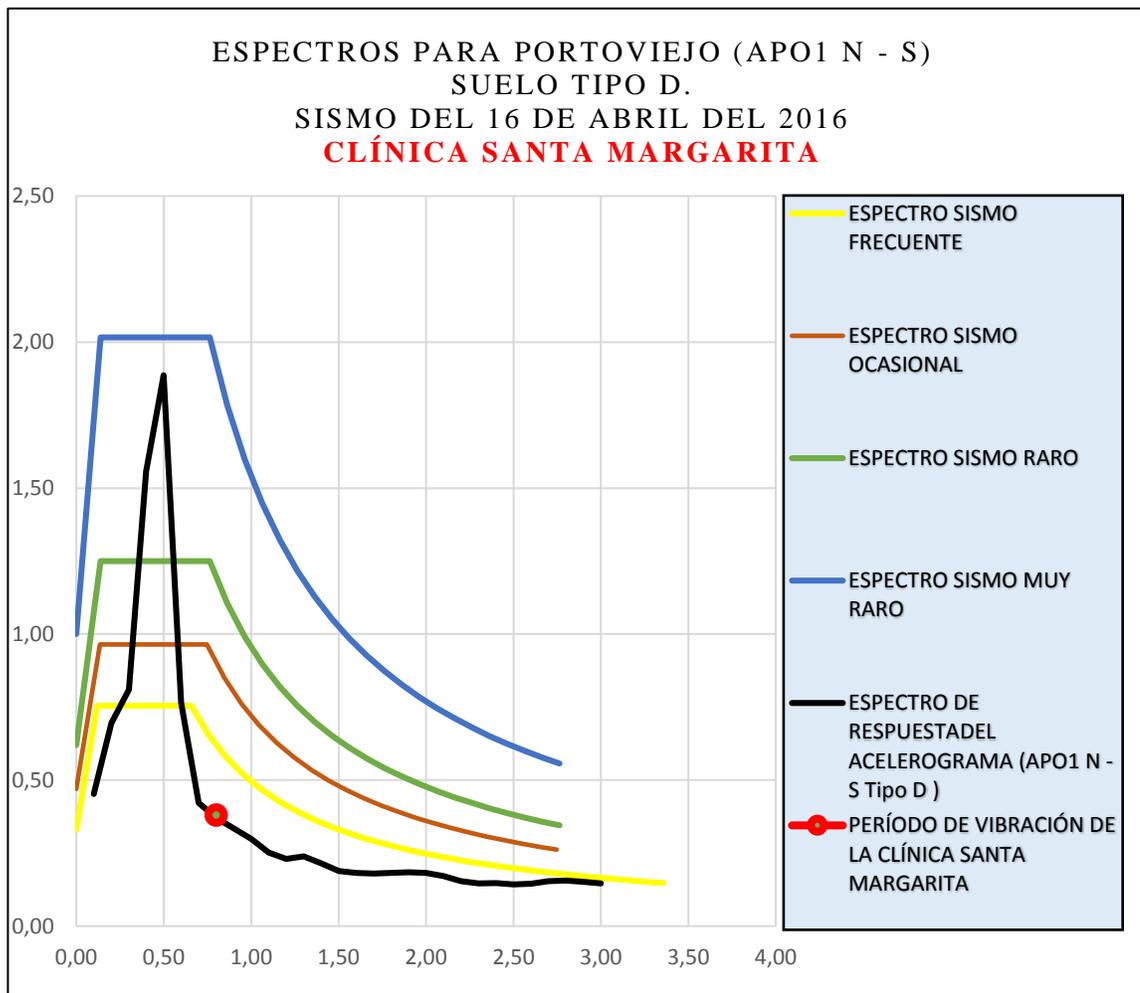


Ilustración 160 Fichas de desempeño sísmico de la Clínica Santa Margarita (Bloque 2).

Realizado por: Pablo Rojas Calle

Conclusión: Frecuente. (Ver tabla 32)

Observación de daños:

- A través de la evaluación de la clínica se determinó fisuras en paredes.

- Se encontraba con etiqueta roja debido a sus severos daños y es aquí donde funcionaban el área de terapias y consulta externa.
- Produjo la demolición de dos losas, debido a la debilidad de su estructura.

Desempeño:

Debido a la ocurrencia de un sismo Frecuente en el sitio de la edificación estudiada, se determina según la Norma Ecuatoriana de Construcción y Diseño sísmo-resistente que no debería haber daño que ocasione la suspensión parcial o total de su instalación (ver tabla 33). Por ende, el bloque 2 de la Clínica Santa Margarita no tuvo un adecuado desempeño sísmico.

6.1.8 Derivas de la Clínica Santa Margarita bloque 2:

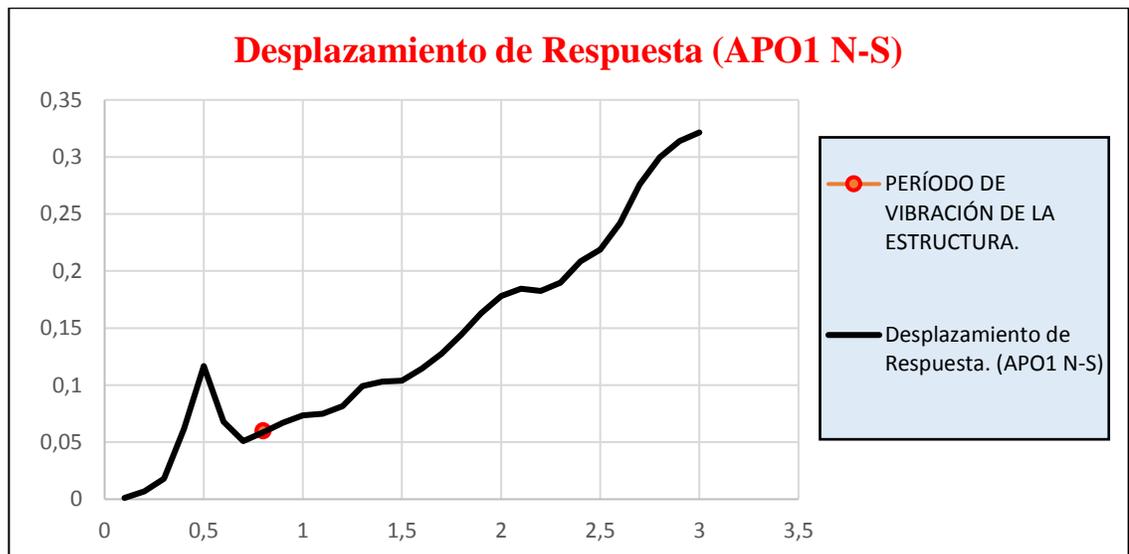


Ilustración 161 Desplazamiento de respuesta APO1 para la Clínica Santa Margarita (Bloque 2). Realizado por: Pablo Rojas Calle

Se determina el coeficiente S_d , es decir el espectro elástico de diseño de desplazamientos, el mismo que depende del período de vibración de la estructura. (NEC-15)

- $S_d = 0,06$
- $T = 0,80$

En la tabla 64 tenemos el cálculo de las derivas por medio del espectro de desplazamiento del sismo real:

Tabla 64 Derivas de la Clínica Santa Margarita (Bloque 2)

$\Delta e = Sd / H$	
Δe	0,0031
$\Delta m = 0,75 \times \Delta e$	
Δm	0,0023
$\Delta m < 0,02$	

Realizado por: Pablo Rojas Calle

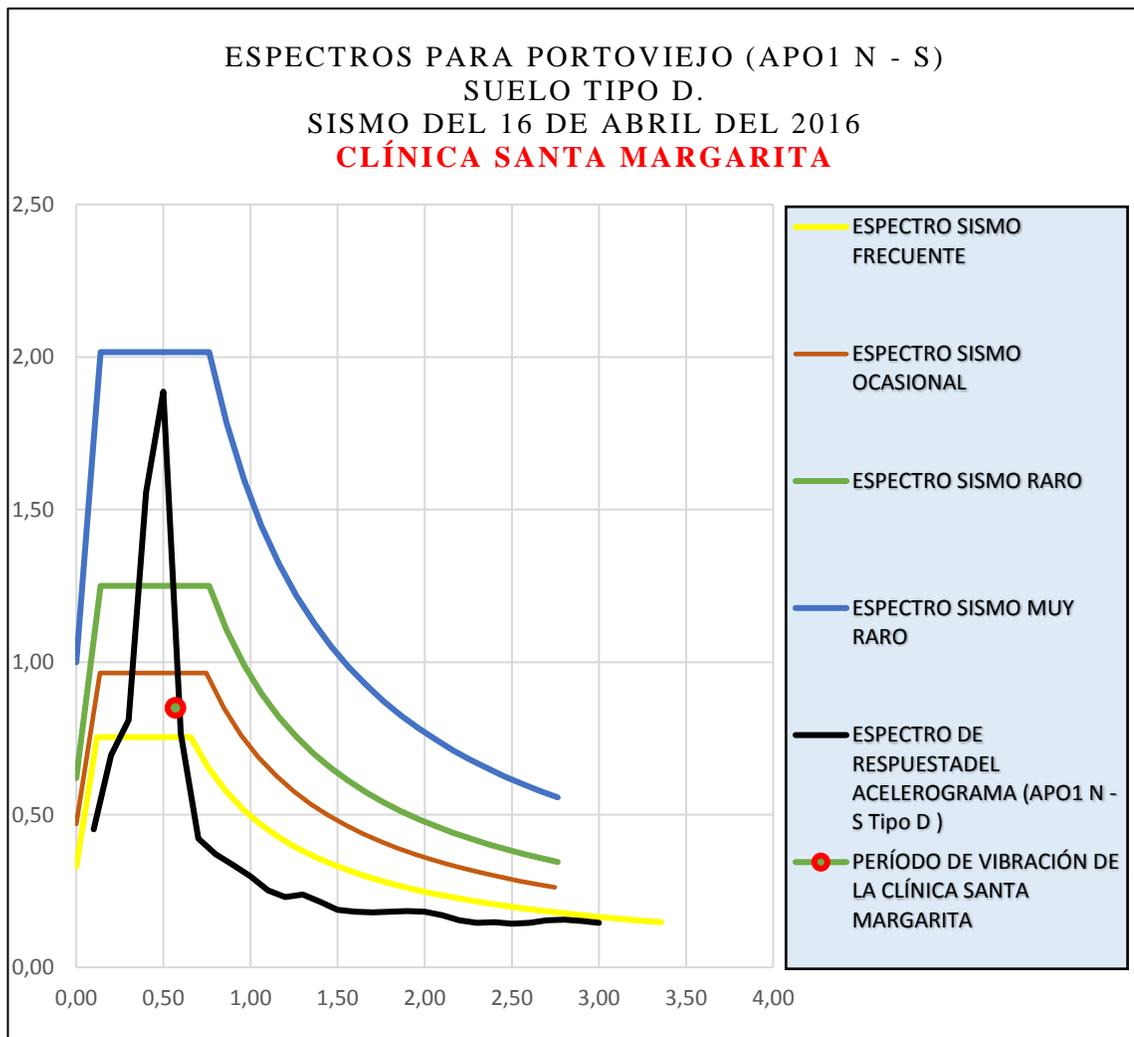
Límites permisibles de las derivas de los pisos:

En la tabla 31 indica la deriva máxima para cualquier piso que no excederá los límites de deriva inelástica establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción y Diseño Sismorresistente.

El bloque 2 de la clínica Santa Margarita de Portoviejo de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Construcción para edificaciones de hormigón armado no sobrepasa los valores establecidos, pero como estos valores son muy cuestionados por ser muy altos, ya que con valores a partir del 0.2% podría haber daño en su edificación, podemos interpretar que parte de sus daños puede ser atribuido a sus derivas pero la causa principal de las afectaciones era la debilidad que tenía la estructura de la Clínica Santa Margarita.

PORTOVIEJO – ESTACIÓN APO1

- ❖ **Sitio:** Portoviejo
- ❖ **Sismo:** 16 de abril del 2016 frente a las costas de Muisne.
- ❖ **Tipo de suelo:** Tipo D
- ❖ **Edificio:** Clínica Santa Margarita (Bloque 1)
- ❖ **Período de la estructura:** 0.57 seg



*Ilustración 162 Fichas de desempeño sísmico de la Clínica Santa Margarita (Bloque 1).
Realizado por: Pablo Rojas Calle*

Conclusión: Frecuente – Ocasional. (Ver tabla 32)

Observación de daños:

- El bloque no afectado de la Clínica Santa Margarita a través de una inspección que evalúa su instalación, señaló que no hubo prácticamente ningún tipo de afectación y se le otorgó el sello verde para continuar operando con normalidad.

Desempeño:

Debido a la ocurrencia de un sismo Frecuente en el sitio de la edificación estudiada, se determina según la Norma Ecuatoriana de Construcción y Diseño sísmo-resistente que no debería haber daño que ocasione la suspensión parcial o total de su instalación (ver tabla 33). Por ende, el bloque 1 de la Clínica Santa Margarita tuvo un adecuado desempeño sísmico ya que continuó operativa su instalación.

6.1.9 Derivas de la Clínica Santa Margarita bloque 1:

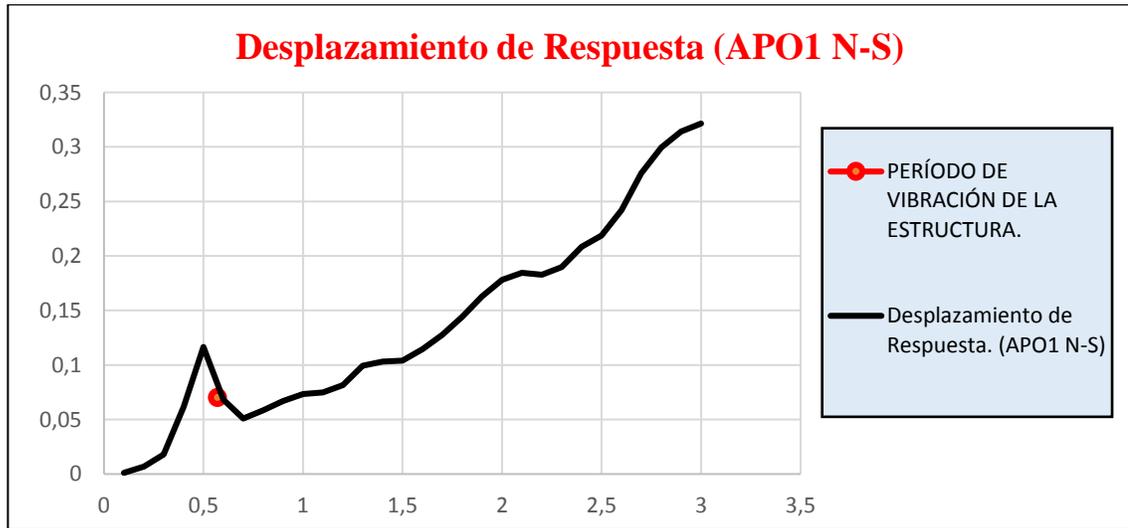


Ilustración 163 Desplazamiento de respuesta APO1 para la Clínica Santa Margarita (Bloque 1). Realizado por: Pablo Rojas Calle

Se determina el coeficiente S_d , es decir el espectro elástico de diseño de desplazamientos, el mismo que depende del período de vibración de la estructura. (NEC-15)

- $S_d = 0,07$
- $T = 0,57$

En la tabla 65 tenemos el cálculo de las derivas por medio del espectro de desplazamiento del sismo real:

Tabla 65 Derivas de la Clínica Santa Margarita (Bloque 1)

$\Delta_e = S_d / H$	
Δ_e	0,0052
$\Delta_m = 0,75 \times \Delta_e$	
Δ_m	0,0039
$\Delta_m < 0,02$	

Realizado por: Pablo Rojas Calle

Límites permisibles de las derivas de los pisos:

En la tabla 31 indica la deriva máxima para cualquier piso que no excederá los límites de deriva inelástica establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción y Diseño Sismoresistente.

Las derivas de la clínica Santa Margarita bloque 1 cumplen con los valores establecido por la Norma Ecuatoriana de Construcción para edificaciones de hormigón armado, pese que se considera que con valores de derivas entre 0.2% y 0.5% podría haber daño en sus instalaciones, por lo tanto, la clínica tuvo un correcto funcionamiento ya que no tuvo daños en su estructura.

PORTOVIEJO – ESTACIÓN APO1

- ❖ **Sitio:** Portoviejo
- ❖ **Sismo:** 16 de abril del 2016 frente a las costas de Muisne.
- ❖ **Tipo de suelo:** Tipo D
- ❖ **Edificio:** Farmacia San Gregorio
- ❖ **Período de la estructura:** 0.55 seg

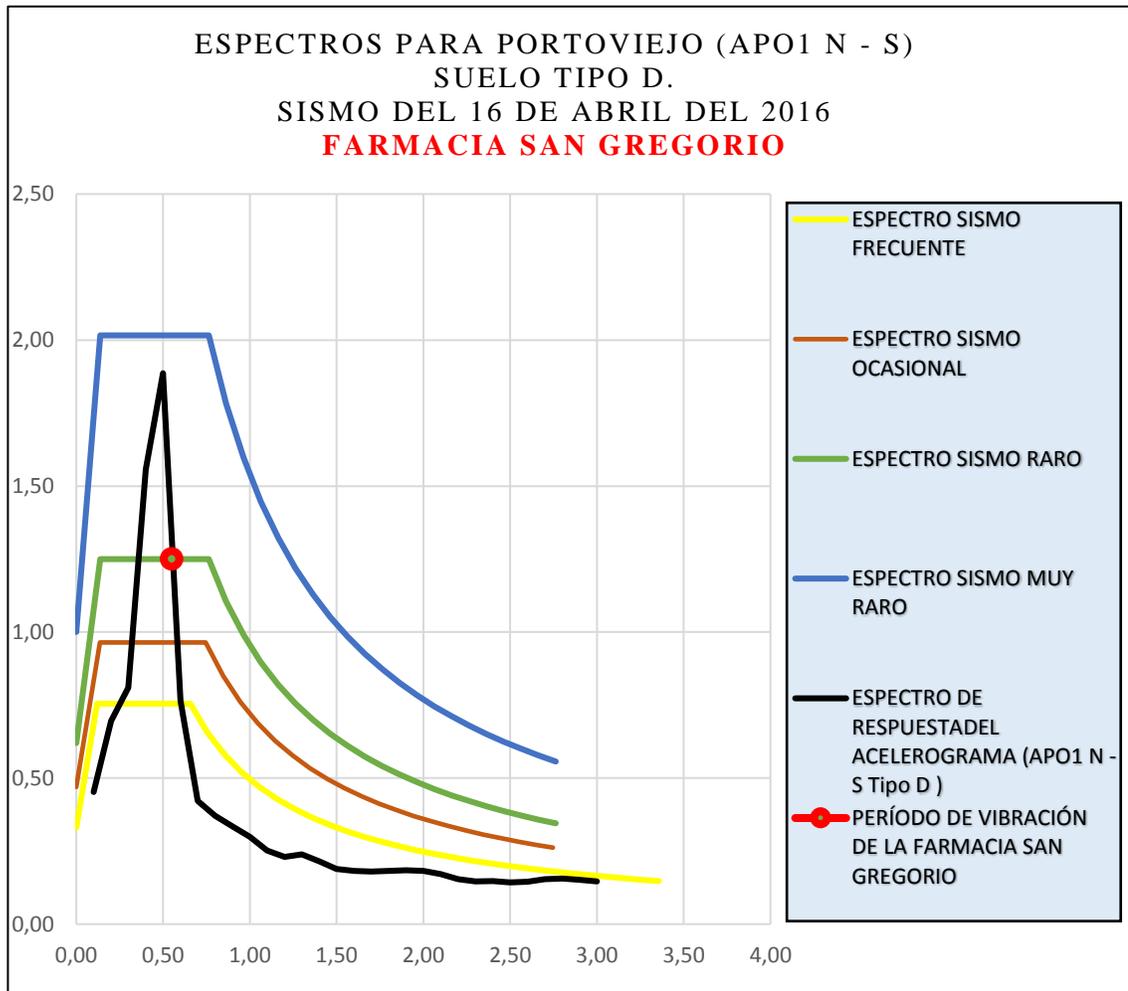


Ilustración 164 Ficha de desempeño sísmico de la Farmacia San Gregorio. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Conclusión: Sismo Raro. (Ver tabla 32)

Observación de daños:

- El volado tuvo deflexión.

- Colapsó durante el sismo del 16 de abril del 2016.

Desempeño:

En el sitio de la edificación analizada se desarrolló un sismo Raro de 475 años de período de retorno, con lo cual de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Diseño y Construcción sismo-resistente se permite daño en la edificación de ocupación esencial pero no debería ocurrir un colapso de la estructura (ver tabla 33). Por ende, determinamos que la edificación de la Farmacia San Gregorio no cumplió con un adecuado desempeño sísmico.

6.1.10 Derivas de la Farmacia San Gregorio:

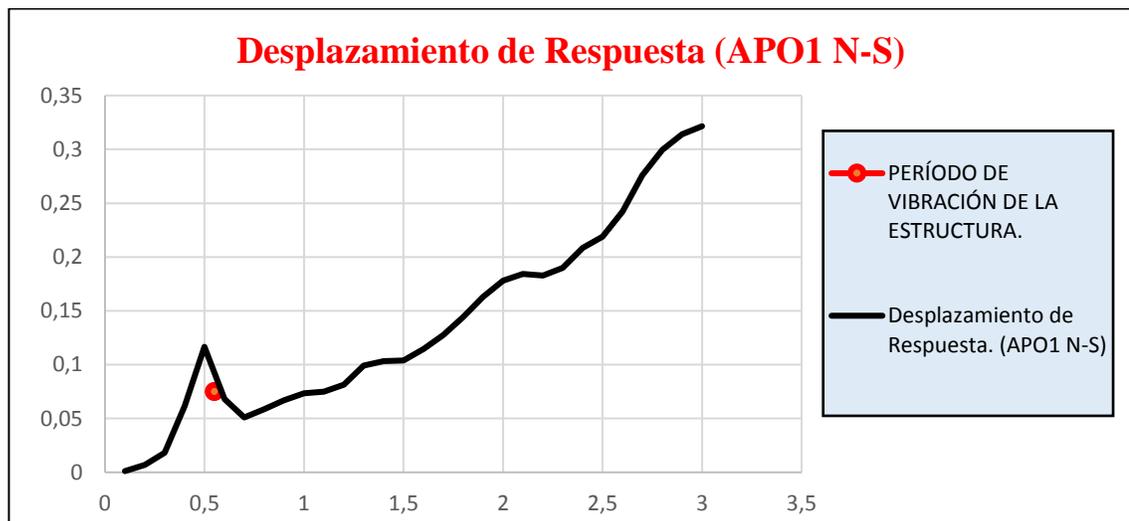


Ilustración 165 Desplazamiento de respuesta APO1 para la Farmacia San Gregorio.

Realizado por: Pablo Rojas Calle

Se determina el coeficiente S_d , es decir el espectro elástico de diseño de desplazamientos, el mismo que depende del período de vibración de la estructura. (NEC-15)

- $S_d = 0,075$
- $T = 0,55$

En la tabla 66 tenemos el cálculo de las derivas por medio del espectro de desplazamiento del sismo real:

Tabla 66 Derivas de la Farmacia San Gregorio

$\Delta e = S_d / H$	
Δe	0,0058
$\Delta m = 0,75 \times \Delta e$	
Δm	0,0043
$\Delta m < 0,02$	

Realizado por: Pablo Rojas Calle

Límites permisibles de las derivas de los pisos:

En la tabla 31 indica la deriva máxima para cualquier piso que no excederá los límites de deriva inelástica establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción y Diseño sismo-resistente.

Las derivas de la Farmacia San Gregorio no exceden los valores máximos establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción para edificaciones de hormigón armado, pero como estos valores son cuestionados por ser muy elevados, ya que con valores entre 0.2% y 0.5% podría haber daño en las edificaciones, lo cual fue evidenciado en la Farmacia San Gregorio ya que tuvo severos daños que ocasionó que la estructura colapsara durante el movimiento telúrico. Además, también se puede atribuir los daños en su edificación a ciertos parámetros de riesgo sísmico tales como:

- Falta de redundancia estructural, ya que las columnas esquineras no se hicieron por motivos arquitectónicos.
- El volado tuvo deflexión y se reforzó con columnas de acero desde el primer piso, pero sin el debido confinamiento.

PORTOVIEJO – ESTACIÓN APO1

- ❖ **Sitio:** Portoviejo
- ❖ **Sismo:** 16 de abril del 2016 frente a las costas de Muisne.
- ❖ **Tipo de suelo:** Tipo D
- ❖ **Edificio:** Clínica San Antonio
- ❖ **Período de la estructura:** 0.68 seg

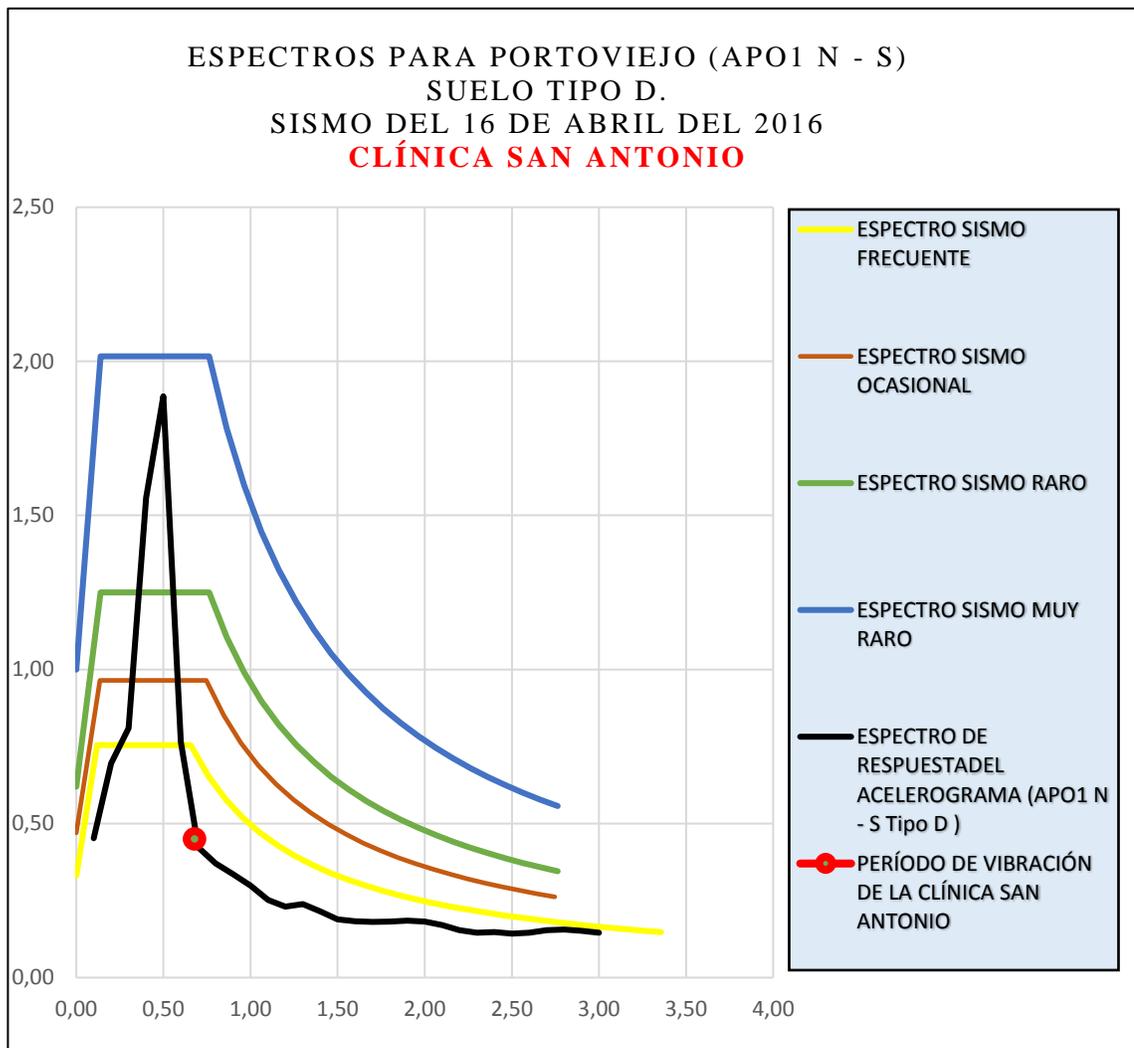


Ilustración 166 Ficha de desempeño sísmico de la Clínica San Antonio. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Conclusión: Sismo Frecuente. (Ver tabla 32)

Observación de daños:

- Colapsó sus elementos estructurales y no estructurales de la primera planta alta de la edificación.
- Falla en nudo de columna débil.
- Fue demolido.

Desempeño:

Dado que en el sitio de la edificación analizada ocurrió un sismo frecuente, se determina de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Diseño y Construcción sismo-resistente, que no debería haber daños en estructuras esenciales que cause la suspensión de sus actividades médicas (ver tabla 33), por tanto, la Clínica San Antonio no tuvo un adecuado desempeño sísmico ya que ocurrió un colapso de un piso de su edificación que conllevó a que la estructura fuera demolida posteriormente.

6.1.11 Derivas de la Clínica San Antonio:

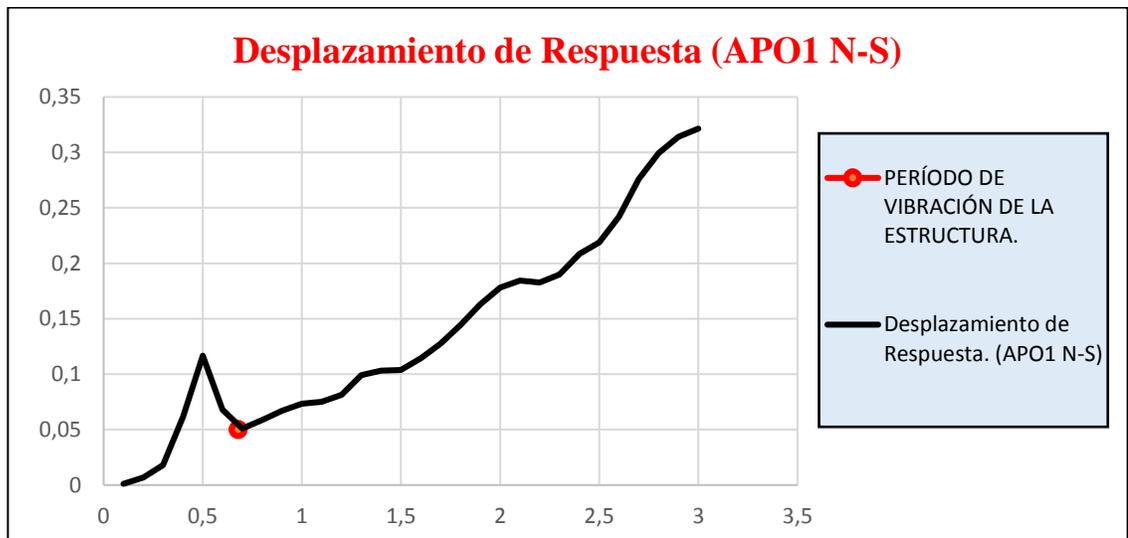


Ilustración 167 Desplazamiento de respuesta APO1 para la Clínica San Antonio.

Realizado por: Pablo Rojas Calle

Se determina el coeficiente S_d , es decir el espectro elástico de diseño de desplazamientos, el mismo que depende del período de vibración de la estructura. (NEC-15)

- $S_d = 0,05$
- $T = 0,68$

En la tabla 67 tenemos el cálculo de las derivas por medio del espectro de desplazamiento del sismo real:

Tabla 67 Derivas de la Clínica San Antonio

$\Delta_e = S_d / H$	
Δ_e	0,0031
$\Delta_m = 0,75 \times \Delta_e$	
Δ_m	0,0023
$\Delta_m < 0,02$	

Realizado por: Pablo Rojas Calle

Límites permisibles de las derivas de los pisos:

En la tabla 31 indica la deriva máxima para cualquier piso que no excederá los límites de deriva inelástica establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción y Diseño sismo-resistente.

Las derivas de la Clínica San Antonio no exceden los máximos valores establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción para edificaciones de hormigón armado, los cuales son muy cuestionados por ser muy elevados, ya que con valores entre 0.2% y 0.5% podría haber afectaciones en la edificación, es así que de cierta forma esto contribuyó, pero las afectaciones se produjeron principalmente por riesgos sísmicos tales como:

- Falla de columnas por deficiente confinamiento.
- Piso débil, inicialmente esta edificación fue diseñada para 3 niveles, pese a eso se levantó 2 niveles más en su estructura que contribuyó a que su edificación no se comportará como inicialmente fue diseñada.
- Se evidenció viga fuerte – columna débil.
- Cambio de rigidez de los pisos superiores por cambio en el sistema constructivo de losas alivianadas de hormigón armado a Steel deck.

BAHÍA DE CARÁQUEZ – ESTACIÓN APO1

- ❖ **Sitio:** Bahía de Caráquez
- ❖ **Sismo:** 16 de abril del 2016 frente a las costas de Muisne.
- ❖ **Tipo de suelo:** Tipo D
- ❖ **Edificio:** Hospital Miguel H. Alcívar
- ❖ **Período de la estructura:** 0.47 seg

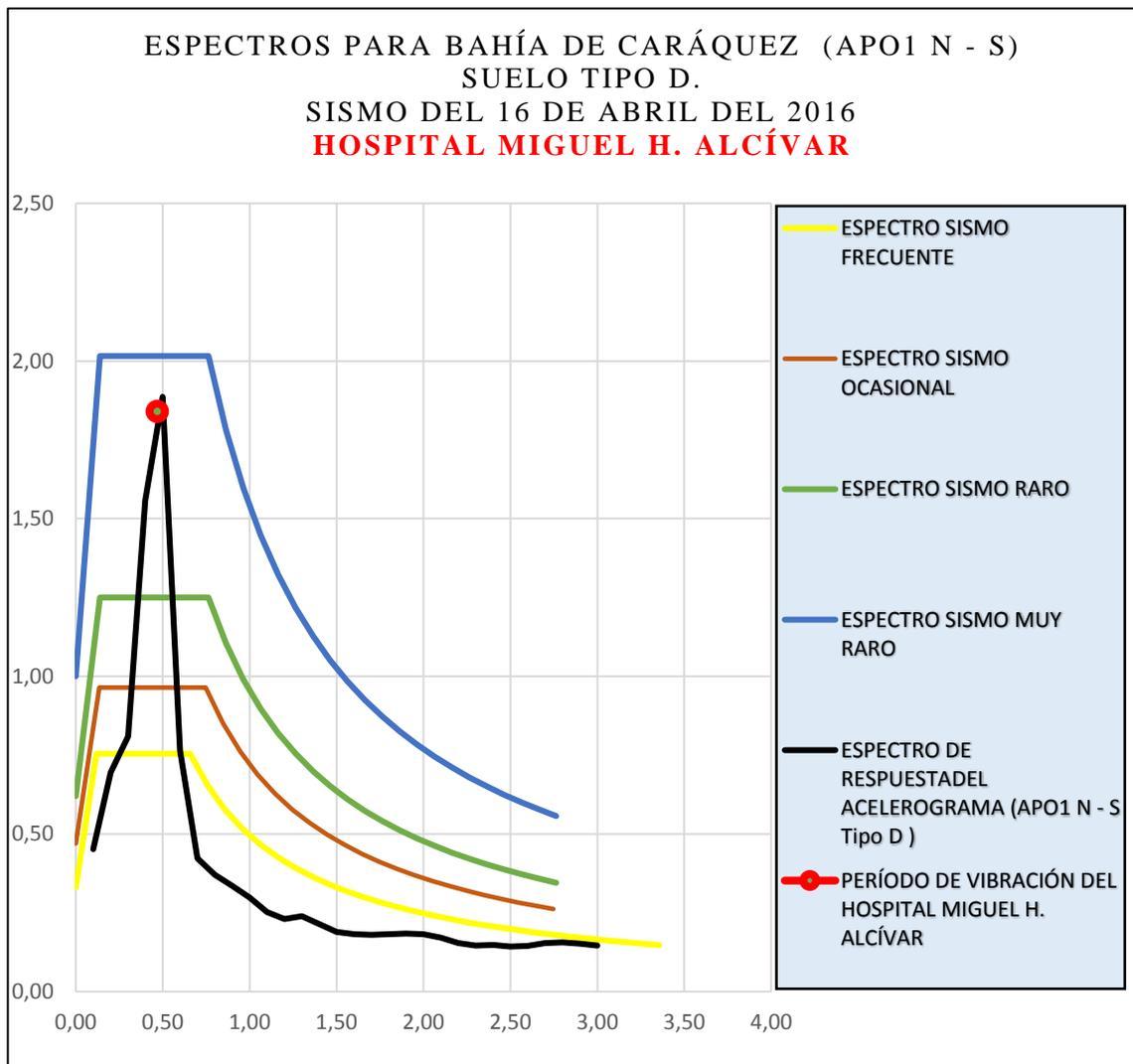


Ilustración 168 Ficha de desempeño sísmico del Hospital Miguel H. Alcívar. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Conclusión: Sismo Raro – Muy Raro. (Ver tabla 32)

Observación de daños:

- No sufrió daños estructurales considerables, pero existía un gran daño en componentes no estructurales, por lo que el hospital tuvo que cerrar sus instalaciones y no prestar servicios médicos.
- Fue demolido.

Desempeño:

Dado que en el sitio de la edificación analizada ocurrió un sismo entre Raro - Muy Raro, se determina de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Diseño y Construcción sísmo-resistente, que la estructura esencial puede tener daño en sus elementos estructurales y no estructurales que puede llevar a la demolición de la estructura como en el caso del Hospital Miguel H. Alcívar (ver tabla 33). Por lo tanto, el desempeño sísmico de la edificación dentro de lo que establece la norma puede ser aceptable frente a un sismo entre Raro – Muy Raro.

6.1.12 Derivas del Hospital Miguel H. Alcívar:

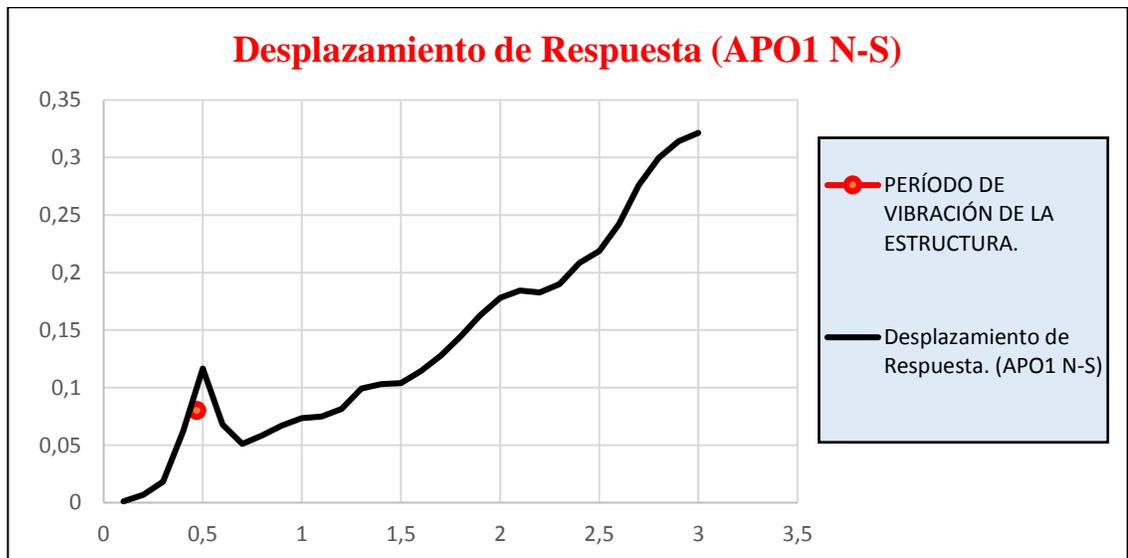


Ilustración 169 Desplazamiento de respuesta APO1 para el Hospital Miguel H. Alcívar. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Se determina el coeficiente S_d , es decir el espectro elástico de diseño de desplazamientos, el mismo que depende del período de vibración de la estructura. (NEC-15)

- $S_d = 0,08$
- $T = 0,47$

En la tabla 68 tenemos el cálculo de las derivas por medio del espectro de desplazamiento del sismo real:

Tabla 68 Derivas del Hospital Miguel H. Alcívar

$\Delta_e = S_d / H$	
Δ_e	0,0046
$\Delta_m = 0,75 \times \Delta_e$	
Δ_m	0,0034
$\Delta_m < 0,02$	

Realizado por: Pablo Rojas Calle

Límites permisibles de las derivas de los pisos:

En la tabla 31 indica la deriva máxima para cualquier piso que no excederá los límites de deriva inelástica establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción y Diseño sismo-resistente..

Mediante la Norma Ecuatoriana de Construcción se establece valores máximos de derivas para edificaciones de hormigón armado, con lo cual el Hospital Miguel H. Alcívar cumple, ya que no exceden los límites, pero se considera que con valores entre 0.2% y 0.5% podría haber afectaciones en la edificación, lo cual puede haber contribuido a los severos daños que ocasionó que la instalación médica quede inoperativa y que posteriormente fuese demolida. Pero hay que recalcar que una de las fallas principales para que este hospital no pueda seguir operando como centro médico fue el nivel de desempeño de los elementos no estructurales que fueron inadecuados.

MANTA– ESTACIÓN AMNT

- ❖ **Sitio:** Manta
- ❖ **Sismo:** 16 de abril del 2016 frente a las costas de Muisne.
- ❖ **Tipo de suelo:** Tipo D
- ❖ **Edificio:** Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS)
- ❖ **Período de la estructura:** 0.72 seg

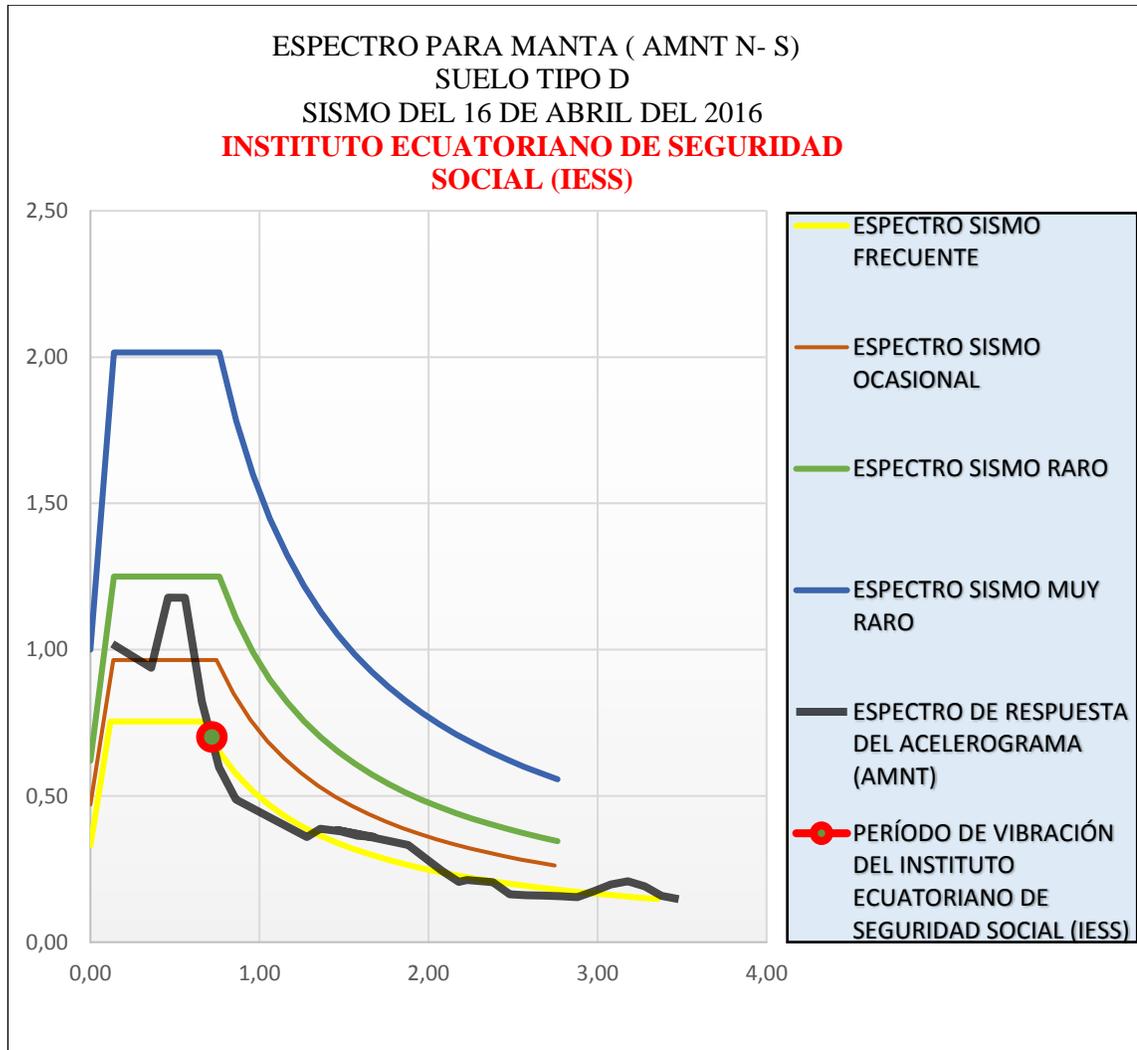


Ilustración 170 Ficha de desempeño sísmico del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Conclusión: Frecuente. (Ver tabla 32)

Observación de daños:

- Ductos caídos en la edificación.

- El equipo inmobiliario desplazado debido a un mal anclaje o conexión.
- Desprendimiento de hormigón en algunas vigas y en losas de escaleras.
- En el tercer piso algunas vigas con grandes grietas por flexión en la interfaz de la viga – columna de la edificación.

Desempeño:

En el sitio de la edificación analizada se determina que, ocurrido un sismo frecuente, lo cual de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Construcción no debería haber daño que deje inoperativa a la instalación médica ante un sismo de estas características (ver tabla 33). De tal manera que el hospital del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social no cumplió con un adecuado desempeño sísmico ya que además de suspender sus actividades quedó severamente afectado que posteriormente tuvo que ser demolido.

6.1.13 Derivas del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social:

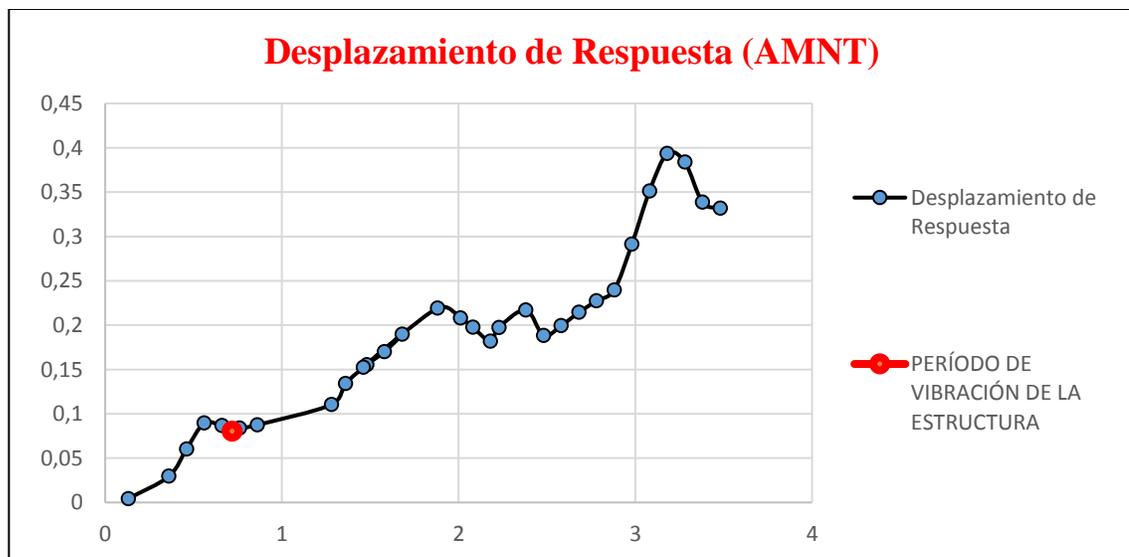


Ilustración 171 Desplazamiento de respuesta AMNT para el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Se determina el coeficiente S_d , es decir el espectro elástico de diseño de desplazamientos, el mismo que depende del período de vibración de la estructura. (NEC-15)

- $S_d = 0,08$
- $T = 0,72$

En la tabla 69 tenemos el cálculo de las derivas por medio del espectro de desplazamiento del sismo real:

Tabla 69 Derivas del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social

$\Delta_e = S_d / H$	
Δ_e	0,0046
$\Delta_m = 0,75 \times \Delta_e$	
Δ_m	0,0034
$\Delta_m < 0,02$	

Realizado por: Pablo Rojas Calle

Límites permisibles de las derivas de los pisos:

En la tabla 31 indica la deriva máxima para cualquier piso que no excederá los límites de deriva inelástica establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción y Diseño sismo-resistente.

Las derivas del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social de Manta de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Construcción no exceden los valores máximos establecidos para una edificación de hormigón armado, pero al ser valores sobre-estimados se puede considerar que con valores entre 0.2% y 0.5% puede existir daños en la edificación, lo cual fue evidenciado en las instalaciones del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. Además, existieron factores de riesgos sísmico que contribuyó a los daños de su edificación, tales como:

- La calidad en la construcción fue baja. Donde se recalca la evidencia de exposición al corrugado ocasionado por una falta de cubierta de concreto adecuada.
- Presencia de juntas frías a lo largo de las vigas o cerca de la columna de vigas articuladas.
- Las paredes no tenían una altura completa y tampoco se encontraban fijados en una dirección horizontal.

MANTA– ESTACIÓN AMNT

- ❖ **Sitio:** Manta
- ❖ **Sismo:** 16 de abril del 2016 frente a las costas de Muisne.
- ❖ **Tipo de suelo:** Tipo D
- ❖ **Edificio:** Clínica Manta
- ❖ **Período de la estructura:** 0.92 seg

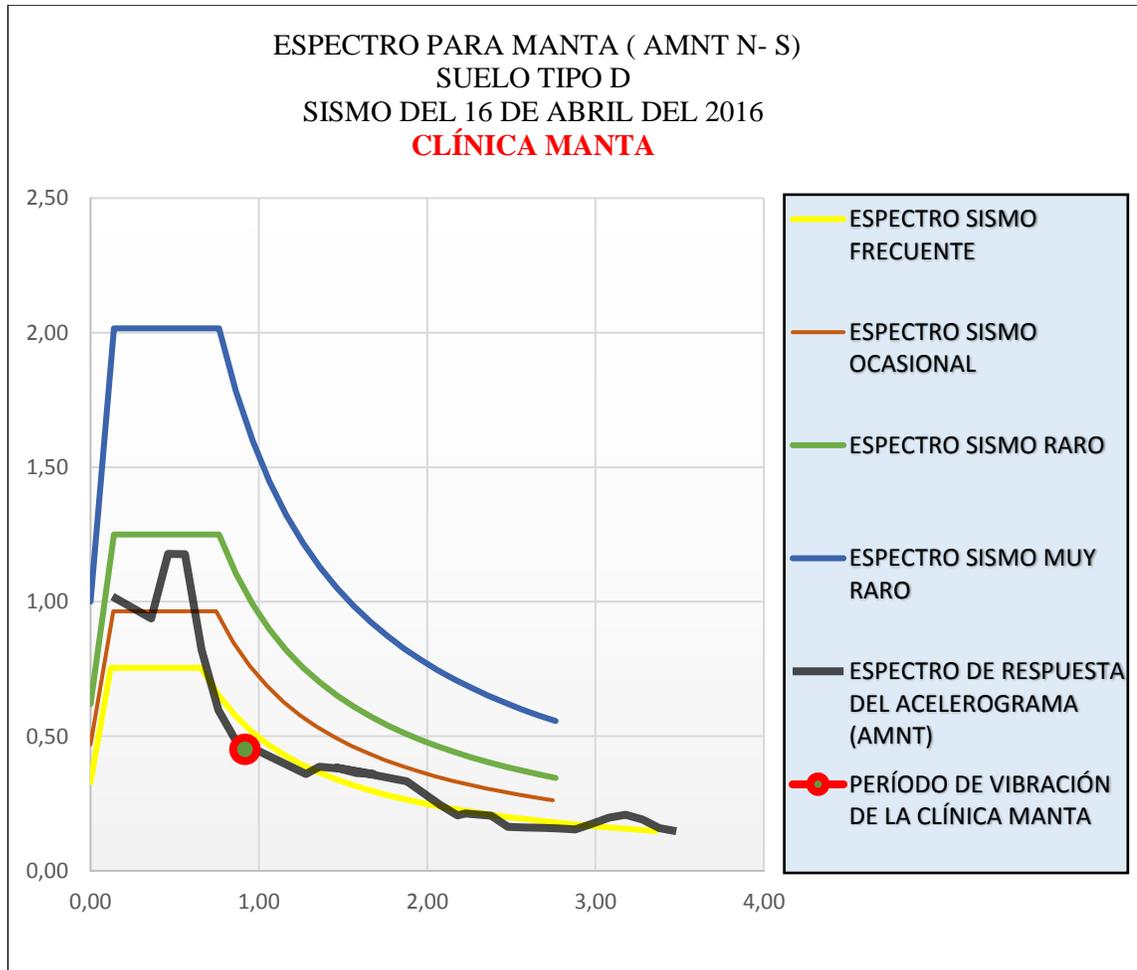


Ilustración 172 Ficha de desempeño sísmico de la Clínica Manta. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Conclusión: Frecuente. (Ver tabla 32)

Observación de daños:

- Esta estructura estaba compuesta de dos edificios, el mismo que fue declarado pérdida total y tuvo que ser demolido.

Desempeño:

En el sitio de la edificación analizada se determina que ocurrió un sismo Frecuente el cual produjo severos daños en la estructura de la Clínica Manta, quedando inoperativa y que además posteriormente tuvo que ser demolido. Por lo cual de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Construcción establece que ante la ocurrencia de un sismo frecuente no debería haber daño que ocasione la suspensión de sus actividades (ver tabla 33), por ende, esta edificación no cumplió con un adecuado desempeño sísmico.

6.1.14 Derivas de la Clínica Manta:

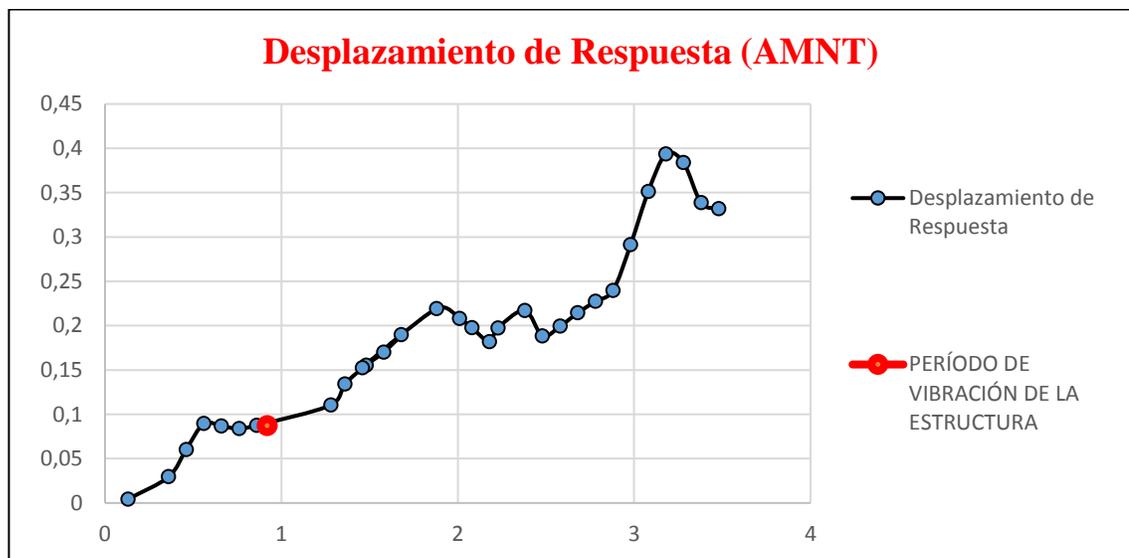


Ilustración 173 Desplazamiento de respuesta AMNT para la Clínica Manta. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Se determina el coeficiente S_d , es decir el espectro elástico de diseño de desplazamientos, el mismo que depende del período de vibración de la estructura. (NEC-15)

- $S_d = 0,087$
- $T = 0,92$

En la tabla 70 tenemos el cálculo de las derivas por medio del espectro de desplazamiento del sismo real:

Tabla 70 Derivas de la Clínica Manta

$\Delta e = S_d / H$	
Δe	0,004
$\Delta m = 0,75 \times \Delta e$	
Δm	0,003
$\Delta m < 0,02$	

Realizado por: Pablo Rojas Calle

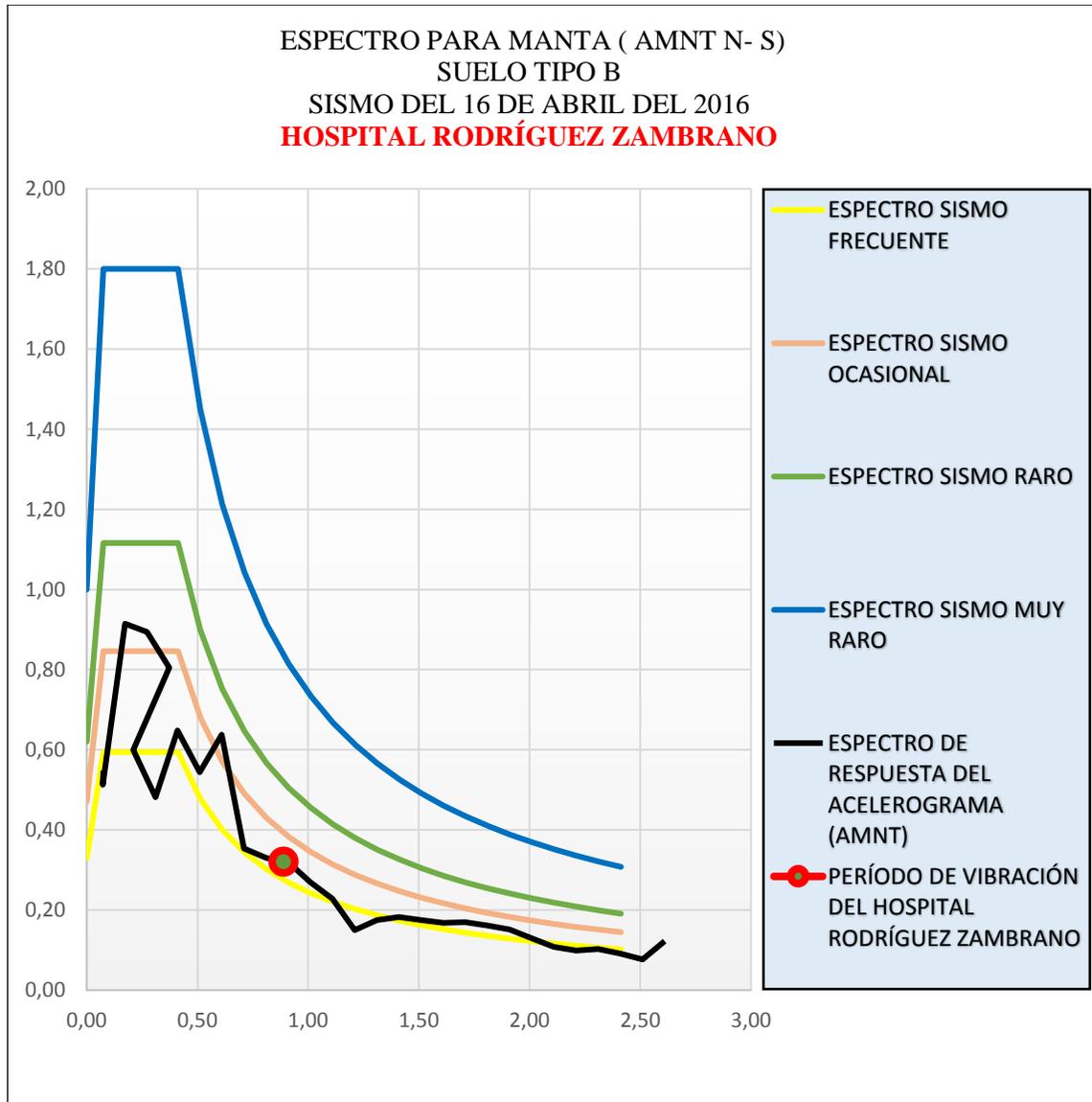
Límites permisibles de las derivas de los pisos:

En la tabla 31 indica la deriva máxima para cualquier piso que no excederá los límites de deriva inelástica establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción y Diseño sismo-resistente.

Las derivas de la Clínica Manta de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Construcción no exceden los valores máximos establecidos para una edificación de hormigón armado, pero al ser valores sobre-estimados se puede considerar que con valores entre 0.2% y 0.5% puede existir daños en la edificación, por ende, esto se puede asociar a los daños que tuvo la clínica durante el terremoto del 16 de Abril de 2016, que ocasionó que la instalación médica quede inoperativa y que posteriormente fuese demolida.

MANTA– ESTACIÓN AMNT

- ❖ **Sitio:** Manta
- ❖ **Sismo:** 16 de abril del 2016 frente a las costas de Muisne.
- ❖ **Tipo de suelo:** Tipo B
- ❖ **Edificio:** Hospital Rodríguez Zambrano
- ❖ **Período de la estructura:** 0.89 seg



*Ilustración 174 Ficha de desempeño sísmico del Hospital Rodríguez Zambrano.
Realizado por: Pablo Rojas Calle*

Conclusión: Frecuente. (Ver tabla 32)

Observación de daños:

- Según el análisis empleado por el equipo de reconocimiento en el sitio, se determinó que la estructura de la instalación hospitalaria se encontraba en buena condición.
- Se observaron que algunas paredes interiores tenían grietas diagonales y de tensión cruzada.
- Pero parte del mobiliario que comprende registros y archivos se cayeron al suelo producto de un mal anclaje.

Desempeño:

Dado que en el sitio del Hospital Rodríguez Zambrano se desarrolló un sismo frecuente se determina de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Construcción que no debería existir daño en la edificación que cause la suspensión de sus actividades (ver tabla 33), por lo tanto aunque el hospital tuvo daños a nivel de mampostería que no tuvieron consecuencia en su parte estructural, permitió que sus instalaciones sigan operativas, de esta forma el Hospital Rodríguez Zambrano tuvo un aceptable desempeño sísmico pese a sus afectaciones.

6.1.15 Derivas del Hospital Rodríguez Zambrano:

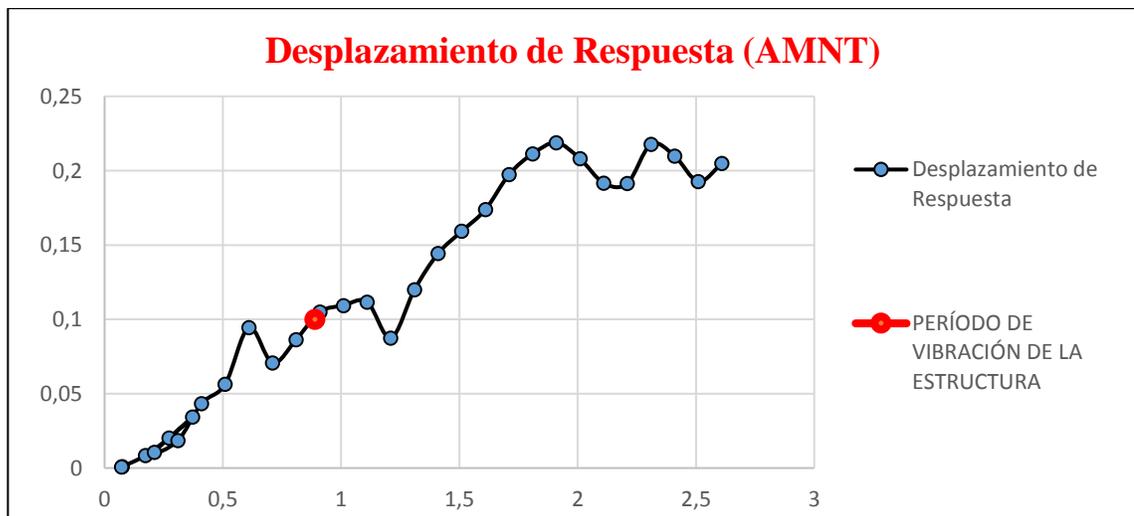


Ilustración 175 Desplazamiento de respuesta AMNT para el Hospital Rodríguez Zambrano. Realizado por: Pablo Rojas Calle

Se determina el coeficiente S_d , es decir el espectro elástico de diseño de desplazamientos, el mismo que depende del período de vibración de la estructura. (NEC-15)

- $S_d = 0,1$
- $T = 0,89$

En la tabla 71 tenemos el cálculo de las derivas por medio del espectro de desplazamiento del sismo real:

Tabla 71 Derivas del Hospital Rodríguez Zambrano

$\Delta_e = S_d / H$	
Δ_e	0,005
$\Delta_m = 0,75 \times \Delta_e$	
Δ_m	0,003
$\Delta_m < 0,02$	

Realizado por: Pablo Rojas Calle

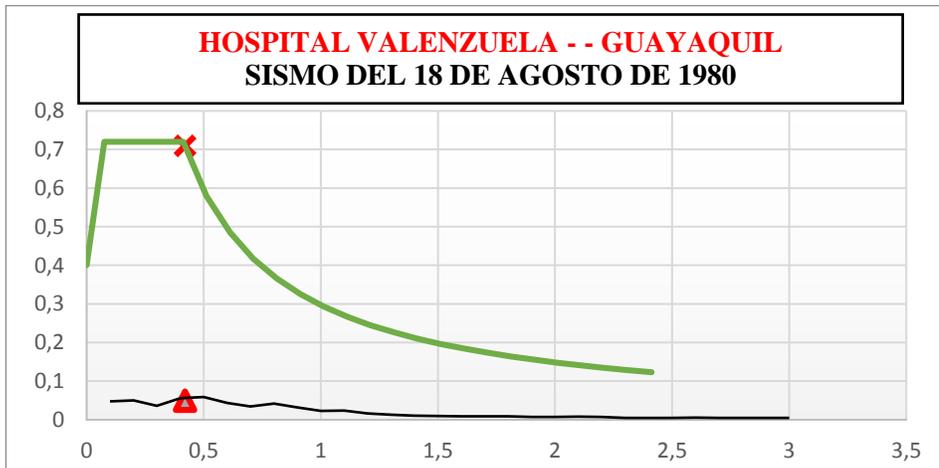
Límites permisibles de las derivas de los pisos:

En la tabla 31 indica la deriva máxima para cualquier piso que no excederá los límites de deriva inelástica establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción y Diseño sismo-resistente.

Las derivas del Hospital Rodríguez Zambrano de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Construcción no exceden los valores máximos establecidos para una edificación de hormigón armado, pero se considera que estos valores son cuestionados por ser muy altos ya que con valores entre 0.2% y 0.5% puede existir daños en la edificación, por lo tanto, esto da lugar a que los daños en mampostería de la edificación fueron contribuidos de igual manera por sus derivas.

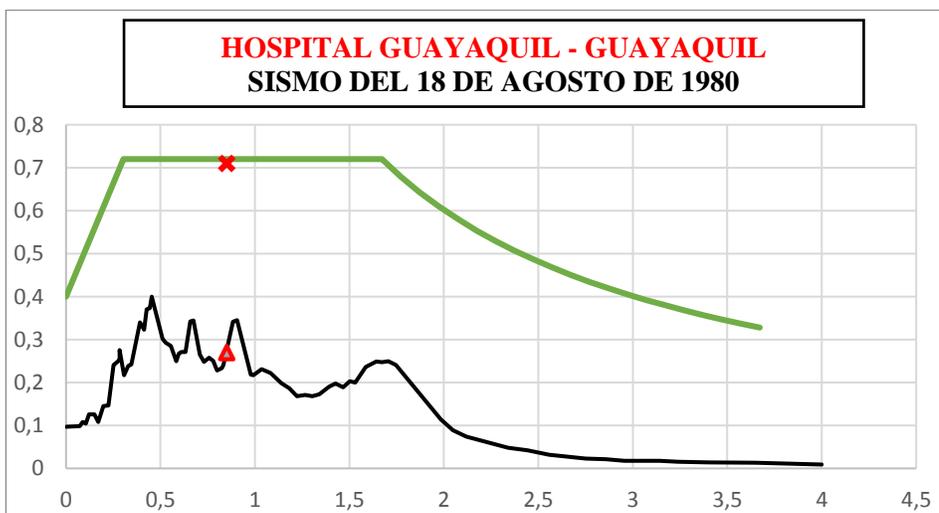
7 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE REDUCCIÓN EFECTIVO (R):

- Factores de reducción efectivo de las edificaciones. (Ver ilustraciones 176- 189)



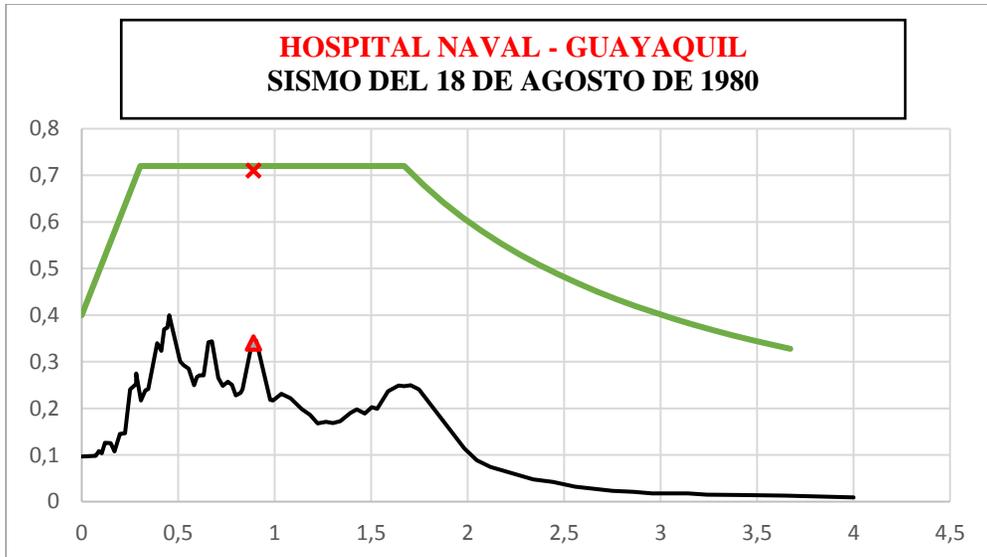
Período	0,42	Tipo de suelo	B
Sd (sismo)	0,05	R efectivo	14,2
Sd (diseño)	0,71	R norma	8

Ilustración 176 Factor de reducción efectivo del Hospital Valenzuela. Realizado por: Pablo Rojas Calle



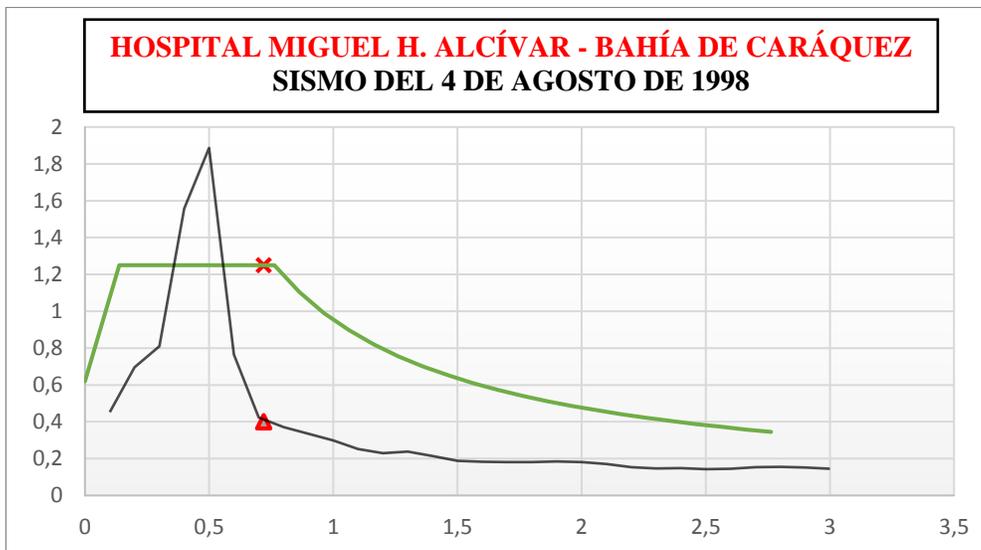
Período	0,85	Tipo de suelo	E
Sd (sismo)	0,27	R efectivo	2,63
Sd (diseño)	0,71	R norma	8

Ilustración 177 Factor de reducción efectivo del Hospital Guayaquil. Realizado por: Pablo Rojas Calle



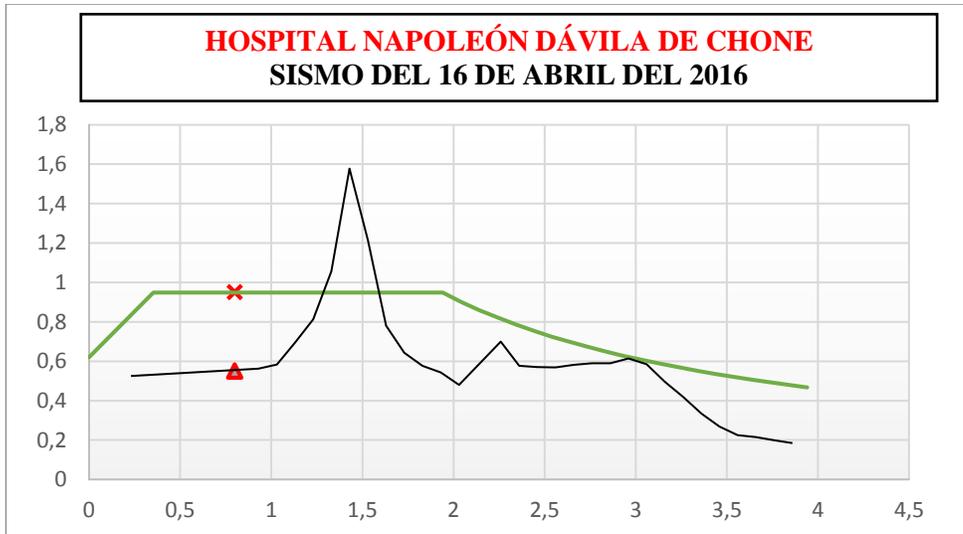
Período	0,89	Tipo de suelo	E
Sd (sismo)	0,34	R efectivo	2,09
Sd (diseño)	0,71	R norma	8

Ilustración 178 Factor de reducción efectivo del Hospital Naval. Realizado por: Pablo Rojas Calle



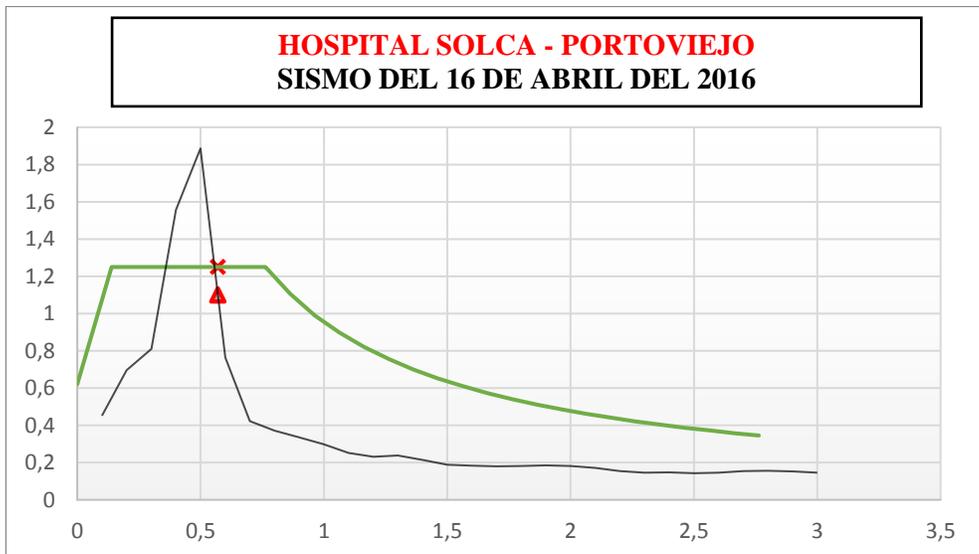
Período	0,72	Tipo de suelo	D
Sd (sismo)	0,4	R efectivo	3,13
Sd (diseño)	1,25	R norma	8

Ilustración 179 Factor de reducción efectivo del Hospital Miguel H. Alcívar. Realizado por: Pablo Rojas Calle



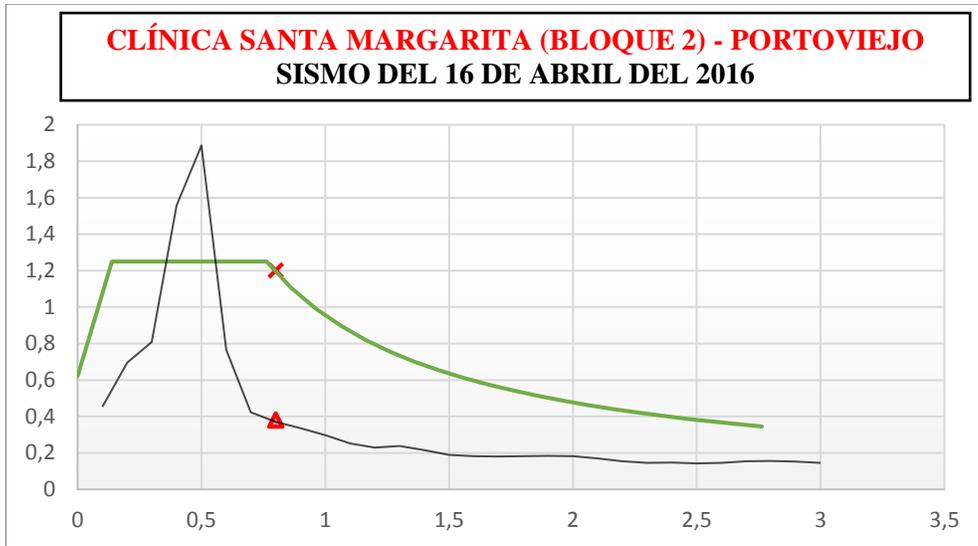
Período	0,8	Tipo de suelo	E
Sd (sismo)	0,55	R efectivo	1,73
Sd (diseño)	0,95	R norma	8

Ilustración 180 Factor de reducción efectivo del Hospital Napoleón Dávila. Realizado por: Pablo Rojas Calle



Período	0,57	Tipo de suelo	D
Sd (sismo)	1,1	R efectivo	1,14
Sd (diseño)	1,25	R norma	8

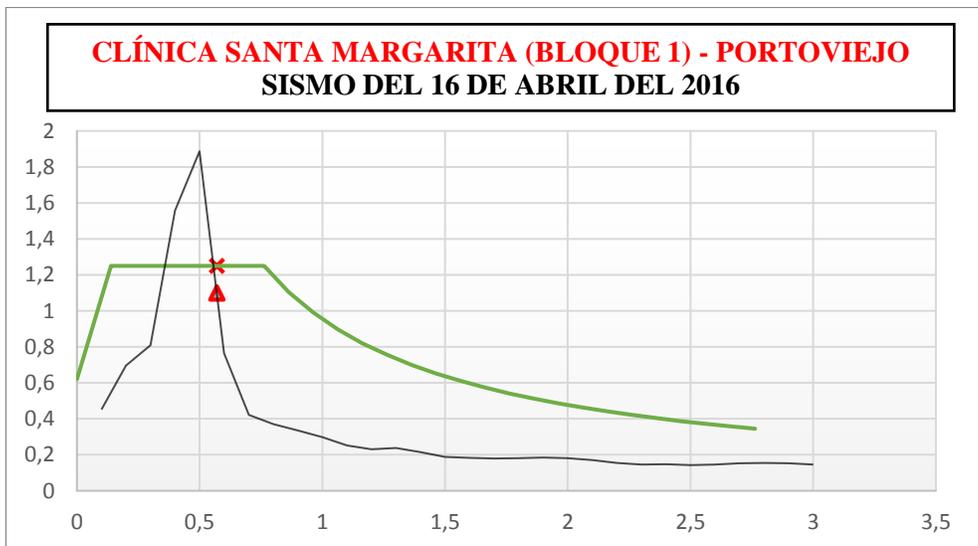
Ilustración 181 Factor de reducción efectivo del Hospital SOLCA. Realizado por: Pablo Rojas Calle



Período	0,8	Tipo de suelo	D
Sd (sismo)	0,38	R efectivo	3,16
Sd (diseño)	1,2	R norma	8

Ilustración 182 Factor de reducción efectivo de la clínica Santa Margarita (bloque 2).

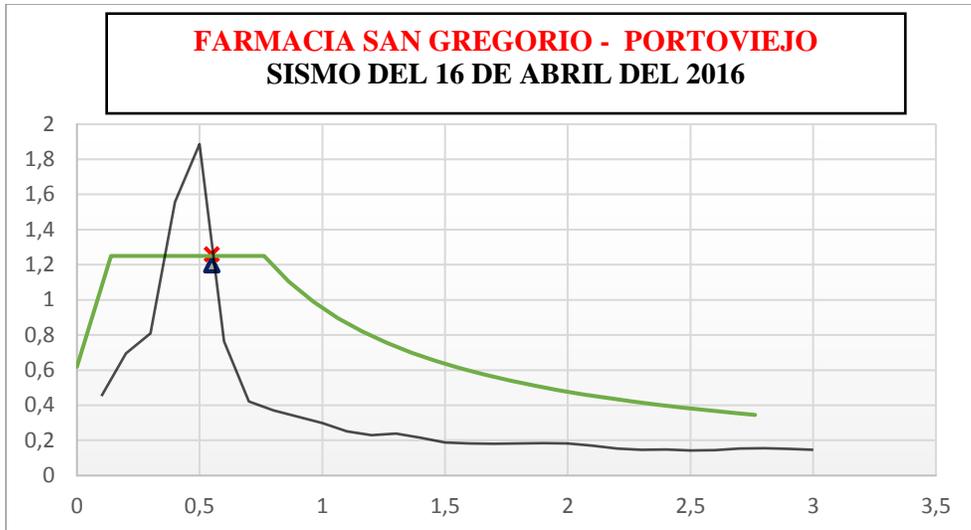
Realizado por: Pablo Rojas Calle



Período	0,57	Tipo de suelo	D
Sd (sismo)	1,1	R efectivo	1,14
Sd (diseño)	1,25	R norma	8

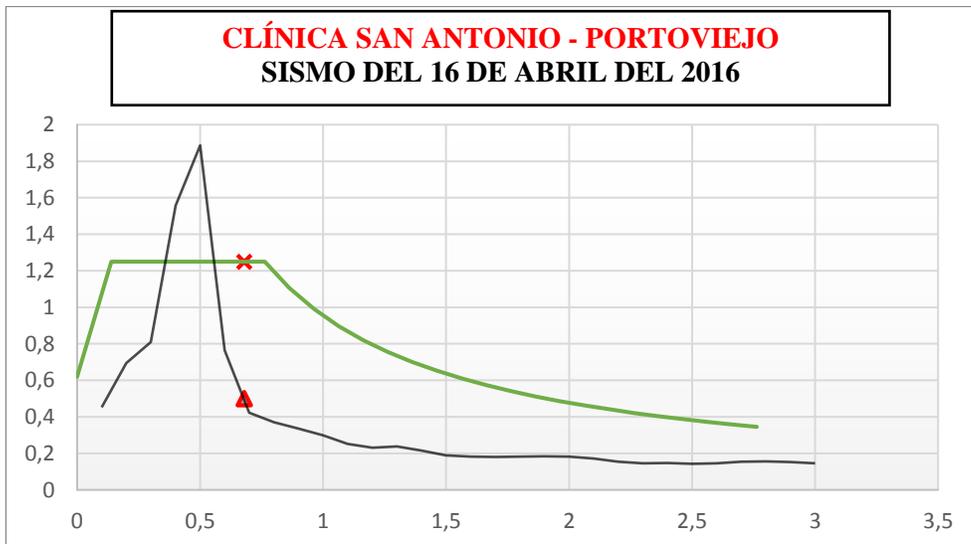
Ilustración 183 Factor de reducción efectivo de la clínica Santa Margarita (bloque 1).

Realizado por: Pablo Rojas Calle



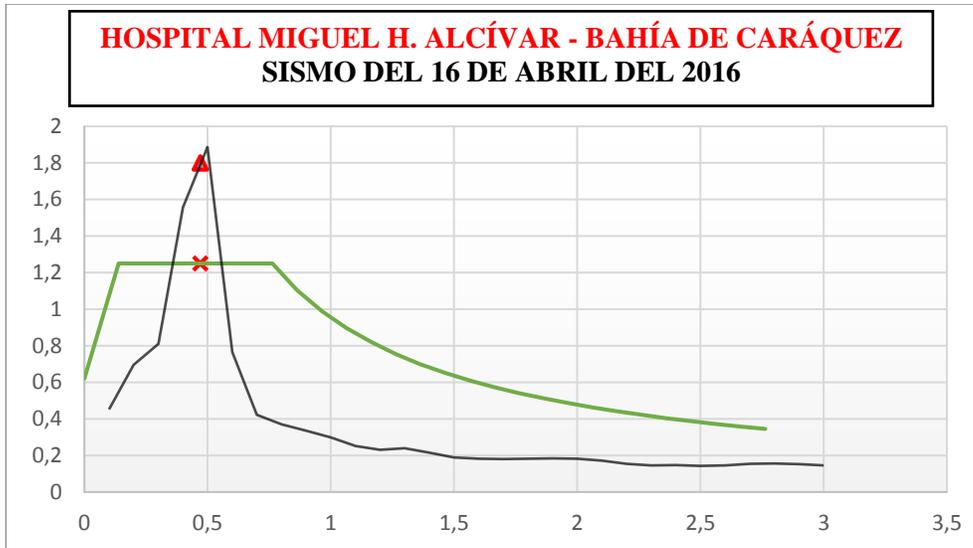
Período	0,55	Tipo de suelo	D
Sd (sismo)	1,2	R efectivo	1,05
Sd (diseño)	1,26	R norma	8

Ilustración 184 Factor de reducción efectivo de la farmacia San Gregorio. Realizado por: Pablo Rojas Calle



Período	0,68	Tipo de suelo	D
Sd (sismo)	0,5	R efectivo	2,50
Sd (diseño)	1,25	R norma	8

Ilustración 185 Factor de reducción efectivo de la clínica San Antonio. Realizado por: Pablo Rojas Calle



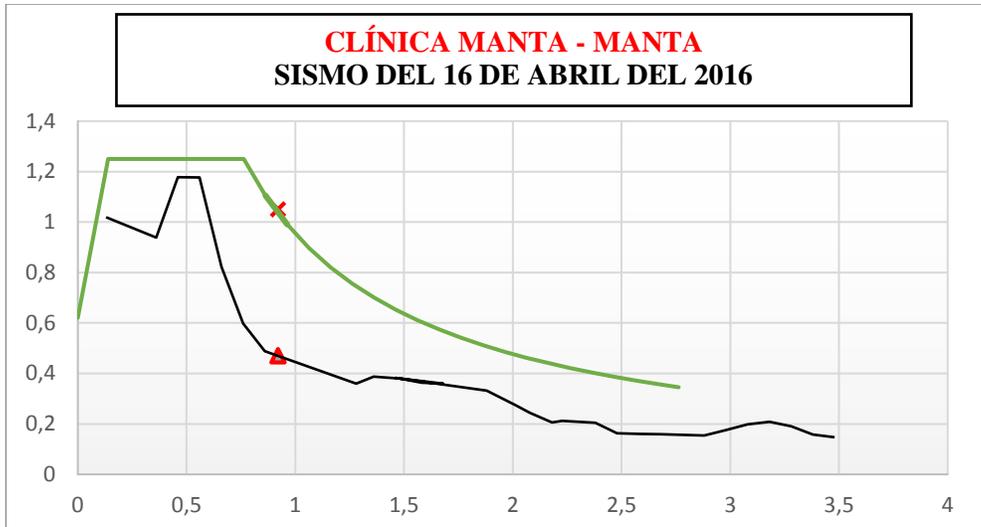
Período	0,47	Tipo de suelo	D
Sd (sismo)	1,8	R efectivo	0,69
Sd (diseño)	1,25	R norma	8

Ilustración 186 Factor de reducción efectivo del Hospital Miguel H. Alcívar. Realizado por: Pablo Rojas Calle



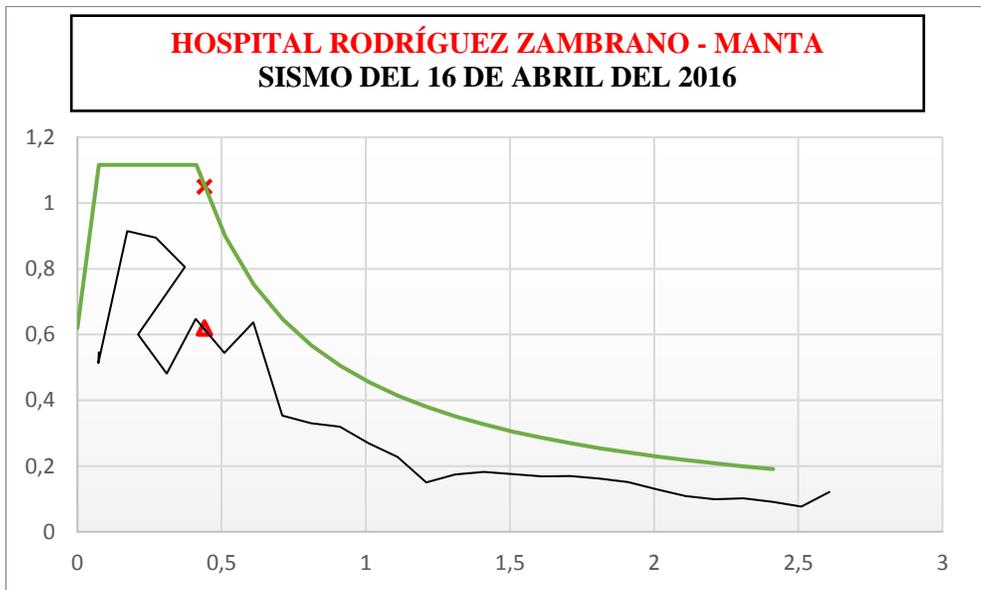
Período	0,72	Tipo de suelo	D
Sd (sismo)	0,7	R efectivo	1,79
Sd (diseño)	1,25	R norma	8

Ilustración 187 Factor de reducción efectivo del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. Realizado por: Pablo Rojas Calle



Período	0,92	Tipo de suelo	D
Sd (sismo)	0,47	R efectivo	2,23
Sd (diseño)	1,05	R norma	8

Ilustración 188 Factor de reducción efectivo de la Clínica Manta Realizado por: Pablo Rojas Calle



Período	0,44	Tipo de suelo	B
Sd (sismo)	0,62	R efectivo	1,69
Sd (diseño)	1,05	R norma	8

Ilustración 189 Factor de reducción efectivo del Hospital Rodríguez Zambrano. Realizado por: Pablo Rojas Calle

7.1 Factores de reducción efectivo.

- En la Tabla 66 se muestra el listado de los factores de reducción obtenidos.

Tabla 72 Listado de los factores de reducción Efectivo.

EDIFICACIONES ANALIZADAS	R EFECTIVO
HOSPITAL VALENZUELA - - GUAYAQUIL 1980	14,2
HOSPITAL GUAYAQUIL - GUAYAQUIL 1980	2,63
HOSPITAL NAVAL - GUAYAQUIL 1980	2,09
HOSPITAL MIGUEL H. ALCÍVAR - BAHÍA DE CARÁQUEZ 1998	3,13
HOSPITAL NAVAL - GUAYAQUIL 2016	2,09
HOSPITAL NAPOLEÓN DÁVILA - CHONE 2016	1,73
HOSPITAL SOLCA - PORTOVIEJO 2016	1,14
CLÍNICA SANTA MARGARITA (BLOQUE 2) - PORTOVIEJO 2016	3,16
CLÍNICA SANTA MARGARITA (BLOQUE 1) - PORTOVIEJO 2016	1,14
FARMACIA SAN GREGORIO - PORTOVIEJO 2016	1,05
CLÍNICA SAN ANTONIO - PORTOVIEJO 2016	2,50
HOSPITAL MIGUEL H. ALCÍVAR - BAHÍA DE CARÁQUEZ 2016	0,69
INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL - MANTA 2016	1,79
CLÍNICA MANTA - MANTA 2016	2,23
HOSPITAL RODRÍGUEZ ZAMBRANO - MANTA 2016	1,69

8 CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

El trabajo de titulación tuvo como finalidad definir el desempeño sísmico de las edificaciones de ocupación esencial durante los sismos ocurridos en Ecuador a partir de 1977, en el cual se deben limitar los daños estructurales, buscando elevar el nivel de protección y propender a que dichas estructuras puedan mantenerse operacionales aun después de la ocurrencia del sismo de diseño.

A través del estudio se evidenció que desde los terremotos ocurridos en 1980 hemos sido vulnerables ante estos eventos, ya que por medio del análisis para determinar que tipo de sismo ocurrió en las edificaciones, correspondían a sismos generalmente frecuentes que no deberían causar que las instalaciones médicas que son de ocupación esencial queden inoperativas durante y después del sismo, como es el caso del Hospital Valenzuela, Hospital Miguel H. Alcívar, Hospital Naval, Clínica Santa Margarita, Clínica San Antonio, IESS de Manta y la Clínica Manta.

Además uno de los aspectos más importantes que debemos tomar en cuenta es que las estructuras tenían períodos de vibración que se encontraban en las zonas de amplificación, como fue el caso del Hospital Miguel H. Alcívar en el sismo del 16 de Abril del 2016 desarrollándose un sismo Raro – Muy Raro y también el caso de la Farmacia San Gregorio donde ocurrió un sismo Raro, lo que significa que son más propensas a estar en la zona de picos del sismo, generando mayor impacto en los daños de sus instalaciones.

Otro punto que se debe tomar en cuenta es que, al calcular las derivas con los espectros de desplazamiento obtenidos, comparamos con los valores establecidos por la Norma Ecuatoriana de Construcción, recalcando que estos valores son muy cuestionados porque su valor máximo es muy alto y se considera que con valores entre 0.2% y 0.5% las estructuras ya podrían tener afectaciones en su instalación, razón por la cual algunas edificaciones de las que fueron seleccionadas presentaron valores entre estos rangos que evidenciaron una de las causas de sus fallas, como también algunas edificaciones tenían otros factores de riesgos sísmicos que involucraban arquitectura, irregularidades en planta y elevación, mala calidad de los materiales y el tipo de suelo sobre el que se encontraban, ejemplo de esto es el Hospital Miguel H. Alcívar cuya arquitectura fue irregular generando

daños durante el sismo de 1998, de igual forma durante el sismo del 16 de abril del 2016 la Farmacia San Gregorio tenía una falta de redundancia estructural, lo que conllevó al colapso de su estructura ante un sismo Raro, también otros factores de riesgo sísmico identificamos en la Clínica San Antonio que tenía deficiente confinamiento en sus columnas, lo que se tradujo a sus severos daños, además que esta edificación tenía piso débil ya que fue construida con más pisos que como fue diseñada inicialmente.

Por último, se determinó el factor de reducción efectivo por medio del S_d de diseño y el S_d de sismo, en el cual se observó que los valores obtenidos son muy bajos comparándolos con lo que establece la Norma Ecuatoriana de Construcción para las características de las edificaciones seleccionadas, en el cual el valor promedio del factor de reducción efectivo es 3.20 que comparándolo con lo que establece la norma para edificaciones de hormigón armado, es decir $R=8$, resulta una diferencia grande que puede generar fuerzas sísmicas mayores que afecten a las edificaciones.

Es importante recalcar que el sismo que tuvo mayor impacto fue el del 16 de abril del 2016, ya que diferentes edificaciones de ocupación esencial que no debieron quedar inoperativas suspendieron sus actividades, lo que representa lo vulnerable que nos encontramos en la actualidad ante un sismo de estas características.

A continuación en la tabla 73, se presenta la lista de valores obtenidos, como las observaciones para cada caso y en la tabla 74 el desempeño sísmico de las edificaciones seleccionadas.

Tabla de resumen de valores de valores obtenidos y sus observaciones correspondientes:

Tabla 73 Tabla de resultados obtenidos

Nº	EDIFICACIONES ANALIZADAS	T (seg)	R efectivo	Δm	OBSERVACIONES
1	HOSPITAL VALENZUELA - 1980	0,42	14,2	0,000	Fisuras en vigas del pabellón de varones
2	HOSPITAL GUAYAQUIL - 1980	0,89	2,63	0,002	Tuvo daños arquitectónicos y deterioro de instalaciones vitales
3	HOSPITAL NAVAL - 1980	0,85	2,09	0,002	Tuvo daños arquitectónicos
4	HOSPITAL MIGUEL H. ALCÍVAR - 1998	0,72	3,13	0,002	Afectada en sus elementos no estructurales, mampostería, equipos e instalaciones de líneas vitales y daños estructurales solamente en las columnas de planta baja
5	HOSPITAL NAVAL - 2016	0,85	2,09	0,002	Se observaron grietas en paredes, vidrios rotos, como también el colapso parcial del tumbado en algunas áreas del hospital
6	HOSPITAL NAPOLEÓN DÁVILA	0,80	1,73	0,004	Cimientos, columnas y vigas sufrieron daños muy severos y no podrían ser reparados.
7	HOSPITAL SOLCA	0,57	1,14	0,004	Daños estructurales en portería, además se evidenció paredes fisuradas y severos daños en sus 3 ascensores
8	CLÍNICA SANTA MARGARITA (BLOQUE 2)	0,80	3,16	0,002	severos daños en el área de terapias y consulta externa. Además produjo la demolición de dos losas, debido a la debilidad de su estructura
9	CLÍNICA SANTA MARGARITA (BLOQUE 1)	0,57	1,14	0,004	No sufrió daños
10	FARMACIA SAN GREGORIO	0,55	1,05	0,004	Colapsó durante el sismo del 16 de abril del 2016
11	CLÍNICA SAN ANTONIO - 2016	0,68	2,50	0,002	Colapsó sus elementos estructurales y no estructurales de la primera planta alta de la edificación. Fue demolido.
12	HOSPITAL MIGUEL H. ALCÍVAR - 2016	0,47	0,69	0,003	No sufrió daños estructurales considerables, pero existía un gran daño en componentes no estructurales
13	IESS DE MANTA - 2016	0,72	1,79	0,003	Severamente dañado durante este sismo. Desprendimiento de hormigón en algunas vigas y como también en losas de escaleras. Ductos caídos en la edificación.
14	CLÍNICA MANTA - 2016	0,92	2,23	0,003	Esta estructura estaba compuesta de dos edificios, el mismo que fue declarado pérdida total y tuvo que ser demolido
15	HOSPITAL RODRÍGUEZ ZAMBRANO	0,89	1,69	0,003	Se observaron que algunas paredes interiores tenían grietas diagonales y de tensión cruzada.

Tabla de conclusion de desempeño sísmico:

Tabla 74 Desempeño sísmico de las edificaciones

N°	EDIFICACIONES ANALIZADAS	TIPO DE SISMO	DESEMPEÑO	OPERATIVIDAD
1	HOSPITAL VALENZUELA - 1980	FRECUENTE	NO CUMPLE	PARCIALMENTE
2	HOSPITAL GUA YAQUIL - 1980	FRECUENTE	CUMPLE	OPERATIVO
3	HOSPITAL NAVAL - 1980	FRECUENTE	CUMPLE	OPERATIVO
4	HOSPITAL MIGUEL H. ALCÍVAR - 1998	FRECUENTE	NO CUMPLE	SUSPENDIÓ ACTIVDADES
5	HOSPITAL NAVAL - 2016	FRECUENTE	NO CUMPLE	SUSPENDIÓ ACTIVDADES
6	HOSPITAL NAPOLEÓN DÁVILA - 2016	FRECUENTE	NO CUMPLE	SUSPENDIÓ ACTIVDADES
7	HOSPITAL SOLCA - PORTOVIEJO - 2016	OCASIONAL	NO CUMPLE	PARCIALMENTE
8	CLÍNICA SANTA MARGARITA (BLOQUE 2) - 2016	FRECUENTE	NO CUMPLE	SUSPENDIÓ ACTIVDADES
9	CLÍNICA SANTA MARGARITA (BLOQUE 1) - 2016	FRECUENTE - OCASIONAL	CUMPLE	OPERATIVO
10	FARMACIA SAN GREGORIO - 2016	RARO	NO CUMPLE	SUSPENDIÓ ACTIVDADES
11	CLÍNICA SAN ANTONIO - 2016	FRECUENTE	NO CUMPLE	SUSPENDIÓ ACTIVDADES
12	HOSPITAL MIGUEL H. ALCÍVAR - 2016	RARO - MUY RARO	CUMPLE	SUSPENDIÓ ACTIVDADES
13	IESS DE MANTA - 2016	FRECUENTE	NO CUMPLE	SUSPENDIÓ ACTIVDADES
14	CLÍNICA MANTA - 2016	FRECUENTE	NO CUMPLE	SUSPENDIÓ ACTIVDADES
15	HOSPITAL RODRÍGUEZ ZAMBRANO - 2016	FRECUENTE	CUMPLE	OPERATIVO

Recomendaciones:

Debido a la vulnerabilidad que nos hemos visto involucrados con respecto a las edificaciones de ocupación esencial, caso hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria, es importante acotar ciertos parámetros para poder contrarrestar los efectos producidos por los sismos ya que este tipo de edificaciones después de la ocurrencia de un sismo no pueden dejar de brindar atención ante cualquier emergencia.

En primera instancia se debe considerar el tipo de suelo sobre el que se va a asentar la edificación, puesto que en el desarrollo del trabajo de titulación se ha evidenciado por ejemplo al Hospital Napoleón Dávila de Chone, en el cual el daño fue producido por un efecto de sitio, lo que generó severos daños, ya que mientras más blando es el suelo las ondas sísmicas se propagan de mayor forma generando daño en la edificación.

Además un parámetro muy importante que se debe considerar en el diseño de las edificaciones es el período de vibración de las estructuras, ya que en algunas estructuras que fueron estudiadas los períodos que se obtuvo se encuentran en la zona de amplificación dinámica, lo cual genera impactos, por lo tanto es recomendable diseñar con períodos de vibración más altos para no encontrarse en la zona de las mesetas. Esto podemos obtenerlo también con la implementación de aisladores sísmicos, los cuales generan que los períodos de vibración sean grandes y se encuentren en las zonas donde la amplificación de los sismos desciende o es nula.

Por otra parte se recomienda a la Norma Ecuatoriana de Construcción revisar el límite de la deriva inelástica máxima cuyo valor establecido es del 2%, el cual se considera que es muy alto ya que las estructuras pueden experimentar daño en sus instalaciones con derivas menores en el rango de entre 0,2% y 0,5%, por ende sería recomendable reducir el límite máximo de la deriva inelástica con la finalidad de contrarrestar estos impactos.

Finalmente se debe revisar en la Norma Ecuatoriana de Construcción los factores de reducción, ya que es otro parámetro que en los sismos desde 1980 ha contribuido a los daños leves a moderados en las edificaciones. Esto significa que no son conservadores, por lo tanto pueden generar baja ductilidad en las estructuras como en algunos casos se pudo identificar en el estudio.

9 BIBLIOGRAFÍA:

- Argudo, J. (1999, de enero de). Proyecto RADIUS de Guayaquil “Herramientas para el Diagnóstico del Riesgo en Áreas Urbanas contra Desastres Sísmicos “Memorias del Taller sobre el Escenario Sísmico de Guayaquil”. Recuperado de <http://jaimeargudo.com/wp-content/uploads/2011/04/RADIUS-MEMORIAS-TALLER-I-ESCENARIO-SISMICO-DE-GUAYAQUIL.pdf>
- Argudo, J., & Yela, R. (1995). VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE HOSPITALES DE GUAYAQUIL. 21.
- Argudo Rodríguez, P. J. (1995). Informe técnico evaluativo de los daños producidos por el sismo del 2 de octubre de 195 en el Hospital de Tena: Dr. José María Velazco Ibarra y sus posibles soluciones. Recuperado de <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Abril2006/CD1/pdf/spa/doc8900/doc8900-a.pdf>
- Canal oficial Teleamazonas. (2016, abril). Hospital de SOLCA resultó afectado por el sismo de Manabí. Recuperado 15 de julio de 2019, de Teleamazonas website: <http://www.teleamazonas.com/2016/04/hospital-solca-resultado-afectado-sismo-manabi/>
- Chang, C., & Joaquin, C. (2012). Actualización de la evaluación del riesgo sísmico de edificios de estructura mixta en los sectores con mayor riesgo sísmico de Guayaquil. Recuperado de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/1112>
- Diario El Mercurio. (2016, mayo 28). Adiós inesperado para la Clínica Manta. Recuperado 10 de septiembre de 2019, de Issuu website: https://issuu.com/diarioelmercurio/docs/s__bado_28_de_mayo_del_2016

Diario El Universo. (2016, de abril). El Hospital del Niño no está al 100% operativo tras terremoto | Gran Guayaquil | Noticias | El Universo. Recuperado 10 de septiembre de 2019, de <https://www.eluniverso.com/noticias/2016/04/22/nota/5537535/hospital-nino-no-esta-100-operativo-tras-terremoto>

Diario El Universo de Guayaquil. (2016, mayo 1). Noticias Ecuadorâ€”Ecuador en vivoâ€”Destruida infraestructura médica privada en un 90% tras el terremoto|Diario El Universo de Guayaquil | Sociedad. Recuperado 15 de julio de 2019, de <http://www.ecuadorenvivo.com/sociedad/190-sociedad/45810-destruida-infraestructura-medica-privada-en-un-90-tras-el-terremoto-diario-el-universo-de-guayaquil.html#.XS1LQugzbIU>

Diario Expreso. (2016, de abril). La afectación del terremoto. Recuperado 10 de septiembre de 2019, de <https://www.expreso.ec/actualidad/la-afectacion-del-terremoto-XA288246>

El Comercio. (2016, de abril). En el hospital Eugenio Espejo restringieron las cirugías programadas por el terremoto en Ecuador. Recuperado 10 de septiembre de 2019, de El Comercio website: <https://www.elcomercio.com/actualidad/hospitaleugenioespejo-cirugias-terremoto.html>

El Diario Ecuador S.A. (2017, febrero 13). Reconstrucción del hospital de Solca está en un 90%. Recuperado 15 de julio de 2019, de El Diario Ecuador website: <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/422730-reconstruccion-del-hospital-de-solca-esta-en-un-90/>

- El Diario, Grupo Ediasa S.A. (2016, de abril). Solca trabaja pese a la afectación de su edificio | El Diario Ecuador. Recuperado 15 de julio de 2019, de <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/389443-solca-trabaja-pese-a-la-afectacion-de-su-edificio/>
- El Diario, Grupo Ediasa S.A. (2017, marzo 30). Luz verde para la demolición del hospital | El Diario Ecuador. Recuperado 15 de julio de 2019, de El Diario website: <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/427939-luz-verde-para-la-demolicion-del-hospital/>
- El Diario, Grupo Ediasa S.A. (2019, mayo 17). Un hospital pendiente, dos en fase de licitación. Recuperado 15 de julio de 2019, de El Diario Ecuador website: <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/502252-un-hospital-pendiente-dos-en-fase-de-licitacion/>
- El Diario S.A, Grupo Ediasa. (2016, mayo 27). Clínica Santa Margarita está operativa y atendiendo normalmente. Recuperado 12 de agosto de 2019, de El Diario Ecuador website: <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/392979-clinica-santa-margarita-esta-operativa-y-atendiendo-normalmente/>
- El Telégrafo-Noticias. (2018, enero 20). Manta recupera unidad de salud luego del terremoto. Recuperado 15 de julio de 2019, de El Telégrafo“Noticias del Ecuador y del mundo website: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/politica/3/manta-recupera-unidad-de-salud-luego-del-terremoto>
- El Telégrafo-Noticias del Ecuador y del mundo. (2018, febrero 16). Gobierno adjudica construcción de hospital en Chone. Recuperado 15 de julio de 2019, de El Telégrafo“Noticias del Ecuador y del mundo website:

<https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/gobierno-adjudica-construccion-de-hospital-en-chone>

El Universo. (2010, marzo 6). Riesgo de colapso en edificios a falta de control

antisísmico. Recuperado 10 de septiembre de 2019, de El Universo website:

<https://www.eluniverso.com/2010/03/07/1/1447/riesgo-colapso-edificios-falta-control-antisismico.html>

El universo. (2016, abril 26). El hospital Naval, también afectado por el terremoto.

Recuperado 15 de julio de 2019, de El Universo website:

<https://www.eluniverso.com/noticias/2016/04/26/nota/5545749/hospital-naval-tambien-afectado-terremoto>

El Universo. (2016, mayo 7). \$ 100 millones para la estructura hospitalaria | Ecuador |

Noticias | El Universo. Recuperado 10 de septiembre de 2019, de

<https://www.eluniverso.com/noticias/2016/05/07/nota/5565096/100-millones-estructura-hospitalaria>

Expreso, E. (2016a, de abril). Los servicios públicos tienen que reorganizarse.

Recuperado 10 de septiembre de 2019, de <https://www.expreso.ec/actualidad/los-servicios-publicos-tienen-que-reorganizarse-BA288157>

Expreso, E. (2016b, mayo 16). Una veeduría revela falencias médicas en el Hospital

Naval. Recuperado 10 de septiembre de 2019, de

<https://www.expreso.ec/actualidad/una-veeduria-revela-falencias-medicas-en-el-hospital-naval-CD335343>

Expreso, E. (2017, septiembre 19). Cuatro de cinco pisos de Solca, inhabitados.

Recuperado 10 de septiembre de 2019, de

<https://www.expreso.ec/guayaquil/cuatro-de-cinco-pisos-de-solca-inhabitados-BE1710300>

Expreso, Ec. (2016c, de abril). Cirugías suspendidas y hospitales en alerta. Recuperado 10 de septiembre de 2019, de <https://www.expreso.ec/actualidad/hay-32-planteles-con-danos-leves-16-son-de-guayaquil-MY265428>

Instituto geofísico. (2016). Informe Sísmico Especial N. 7â€”2016â€”Instituto Geofísicoâ€”EPN. Recuperado 18 de julio de 2019, de <https://www.igeppn.edu.ec/servicios/noticias/1311-informe-sismico-especial-n-7-2016>

Jaramillo Hurtado, ing. J. L. (2019). AVISO DE CONTRATACIÓN PÚBLICA PREVISTA PARA EL PROCESO: RECONSTRUCCIÓN, READECUACIÓN Y REMODELACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA Y OPERATIVIDAD DEL HOSPITAL RAFAEL RODRÍGUEZ ZAMBRANO, UBICADO EN EL CANTÓN MANTA, PROVINCIA DE MANABÍ (p. 2). Recuperado de Servicio de Contratación de Obras website: https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/wp-content/uploads/2019/04/ac_lico-secob-002-2019.pdf

Lanning, F., Haro, A. G., Liu, M. K., Monzón, A., Monzón-Despang, H., Schultz, A., & Tola, A. (2016). M7.8 Muisne, Ecuador Earthquake on April 16, 2016. 92.

Loaiza Tacur, J. R. (2018). ESTUDIO DE LOS MÉTODOS DE REHABILITACIÓN USADOS EN EDIFICIOS AFECTADOS POR EL SISMO DEL 16 DE ABRIL DE 2016 EN EL ECUADOR. (UCSG). Recuperado de <file:///C:/Users/pc/Downloads/T-UCSG-PRE-ING-IC-243.pdf>

- Molin Valdés, H., Rosales Ardón, V., & Bitrán Bitrán, D. (1997). Lecciones aprendidas en América Latina de mitigación de desastres en instalaciones de la salud: Aspectos de costo-efectividad. Washington, DC; Departamento de Asuntos Humanitarios de las Naciones Unidas: OPS ;
- Murga, Martha. (2016, mayo 1). Destruida infraestructura médica privada en un 90% tras el terremoto | Política | Noticias | El Universo. Recuperado 15 de julio de 2019, de El Universo website:
<https://www.eluniverso.com/noticias/2016/05/01/nota/5553543/destruida-infraestructura-medica-privada-90>
- Paucar, Elena. (2016, de agosto de). Pacientes de Chone y Bahía aún se atienden en campamentos. Recuperado 15 de julio de 2019, de El Comercio website:
<https://www.elcomercio.com/actualidad/pacientes-chone-bahia-terremoto-campamentos.html>
- Redacción Médica. (2016, de abril de). Inhabilitado 75% del hospital de Solca Manabí. Recuperado 15 de julio de 2019, de Redaccion medica website:
<https://www.redaccionmedica.ec/secciones/salud-publica/inhabilitado-75-del-hospital-de-solca-manabi-87679>
- Rodríguez, I. J. A. (1998). EVALUACIÓN DE LOS DAÑOS DEL HOSPITAL MIGUEL H. ALCÍVAR DE LA CIUDAD DE BAHÍA DE CARÁQUEZ, ECUADOR DURANTE EL TERREMOTO DEL 4 DE AGOSTO DE 1998. 8.
- Rodríguez, Ing. J. A. (1999). PROYECTO RADIUS Herramientas de Evaluación del Riesgo para el Diagnóstico de Zonas Urbanas contra Desastres Sísmicos. VOLUMEN 1, 100. Recuperado de

file:///C:/Users/pc/Documents/PABLO%20ZOTERO/RADIUS-VOLUMEN-I-
RESUMEN-EJECUTIVO%20(3).pdf

Sierra Beltrán, G., & Argudo Rodríguez, J. (s. f.). Diseño del reforzamiento del hospital José María Velasco Ibarra de la ciudad de Tena, Ecuador. Recuperado 15 de julio de 2019, de Diseño del reforzamiento del hospital José María Velasco Ibarra de la ciudad de Tena, Ecuador website: Es

Silva M.S.c, ing. A. (2017). INFORME GEOTÉCNICO FINAL HOSPITAL NAPOLEÓN DÁVILA DE CHONE (p. 56). Ecuador.

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Rojas Calle Pablo Fabián**, con C.C: # 0302247283 autor del trabajo de titulación: **Desempeño de edificios esenciales durante sismos en Ecuador – caso hospitales y clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria**, 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, **13 de septiembre del 2019**

f. _____

Nombre: **Rojas Calle, Pablo Fabián**

C.C: **0302247283**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Desempeño de edificios esenciales durante sismos en Ecuador – caso hospitales y clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria		
AUTOR	Pablo Fabián Rojas Calle		
REVISOR/TUTOR	Ing. Alex Villacrés Sánchez		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	13 de septiembre del 2019	No. DE PÁGINAS:	205
ÁREAS TEMÁTICAS:	Estructura		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Sismo, Factores de vulnerabilidad, Espectros de respuesta, Derivas, Periodo de vibración, Acelerógrafos, Factor de reducción.		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>El trabajo de titulación tiene como objetivo determinar el desempeño de edificios esenciales durante sismos en Ecuador a partir de 1977, centrado en hospitales, clínicas o centros de salud, ya que muchas estructuras de esta índole han sufrido de daños leves a moderados en los diferentes sismos, donde se expondrá los factores más críticos que afectaron a su comportamiento sísmico. De tal manera que el análisis de los diferentes sismos ocurridos en Ecuador comenzó con una recopilación de información para identificar las edificaciones esenciales durante los sismos de 1980, 1995, 1998 y 2016, por medio de estudios de vulnerabilidad, entrevistas, periódicos y estudios realizados por diferentes profesionales, donde se evidencia los daños y factores de vulnerabilidad. Además, se determinó el tipo de suelo sobre el que se encontraban las edificaciones para poder elaborar los espectros correspondientes tanto de Curvas de Peligro Sísmico para determinar el PGA en roca, como los espectros de respuesta elástica de diseño en aceleración. Luego fue necesario determinar tanto las derivas como el período de vibración de las diferentes estructuras seleccionadas para que conjuntamente con los registros obtenidos de las estaciones de acelerógrafos de las distintas ciudades, analizar qué tipo de sismo ocurrió en el sitio en estudio para cada caso, con la finalidad de determinar su desempeño sísmico de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Construcción. Finalmente se calculó el factor de reducción efectivo a través de los espectros de respuesta de diseño en aceleraciones y los espectros de respuesta de las estaciones.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR:	Teléfono: +593-4-2423929	E-mail: pablox_r93@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):			