



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

**Estudio de las causas de demolición de edificios afectados por el
sismo del 16 del abril del 2016 en Portoviejo**

AUTOR:

Lindao Cabezas, María Gemma

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de

INGENIERO CIVIL

TUTOR:

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

Guayaquil, Ecuador

13 de Marzo del 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Lindao Cabezas, María Gemma**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR

f. _____

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

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

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

Guayaquil, a los 13 del mes de Marzo del año 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Lindao Cabezas, María Gemma**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Estudio de las causas de demolición de edificios afectados por el sismo del 16 de abril del 2016 en Portoviejo** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

Guayaquil, a los 13 del mes de Marzo del año 2018

LA AUTORA

f. _____

Lindao Cabezas, María Gemma



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

AUTORIZACIÓN

Yo, **Lindao Cabezas, María Gemma**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Estudio de las causas de demolición de edificios afectados por el sismo del 16 de abril del 2016 en Portoviejo**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 13 del mes de Marzo del año 2018

LA AUTORA:

f. _____

Lindao Cabezas, María Gemma

REPORTE URKUND



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Trabajo de titulo Gemma Lindao.docx (D35819260)
Submitted: 2/22/2018 3:49:00 AM
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 7 %

Sources included in the report:

20151201 Julio Campaña Guarderas.docx (D16517734)
GALARZA_RICARDO_TRABAJO_TITULACION-ESTRUCTURAS_OCTUBRE-2017.docx (D31606504)
Tesis correccion urkund.docx (D16651204)
TESIS JONATHAN JAVIER COPETE ORTIZ-URKUND.docx (D25069484)
final exposicion.docx (D12894424)
<http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/402593-solo-un-bloque-de-multifamiliares-de-los-olivos-sera-demolido/>

Instances where selected sources appear:

28

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, por darme sabiduría, entendimiento y por guiarme tanto en momentos buenos y malos, y así poder alcanzar una de mis metas planteadas para mi vida.

A mis padres Ing. Miguel Ángel Lindao e Ing. Teresa de Jesús Cabezas González, hermanos Jazmín Alexandra y Miguel Ángel Lindao y a mi tía Ab. Germania Cabezas González, por cada palabra y apoyo incondicional que me dedicaron a lo largo de esta preparación académica, que me condujo al logro de mi carrera profesional.

Al personal docente de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, por brindarnos sus conocimientos.

A todos mis compañeros y amigos, en especial Sheznarda Tapia, Jefferson Loaiza, que me han acompañado de manera incondicional en esta travesía, para conseguir un propósito más en mi vida.

Un agradecimiento especial a mi tutor de tesis, el Ing. Alex Villacrés Sánchez, por toda la paciencia, colaboración, cordialidad y sobre toda la predisposición brindada para el desarrollo de esta investigación y también por compartir sus conocimientos para poder culminar este proyecto.

Maria Gemma Lindao Cabezas

DEDICATORIA

Dedico este proyecto principalmente a Dios por darme fortaleza y bendecirme cada uno de mis días.

A mis padres por ser mi apoyo, por haberme guiado en cada uno de mis pasos, por todos los consejos que me han brindado en la trayectoria de mi formación profesional. En especial a mi madre por estar junto a mí siempre, acompañándome en las decisiones que he tomado, por esas enseñanzas de vida que me han llevado a concluir que para obtener el éxito es necesario un sacrificio.

Maria Gemma Lindao Cabezas



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA 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. Xavier Federico Casal Rodríguez M.Sc.

OPONENTE

f. _____

Ing. José Andrés Barros Cabezas M.Sc.

DELEGADO DE COORDINADOR DEL ÁREA

INDICE GENERAL

RESUMEN	XVIII
ABSTRACT	XIX
CAPITULO I	2
1 INTRODUCCIÓN	2
1.1 Antecedentes.	2
1.2 Justificación del tema	3
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general.	3
1.3.2 Objetivo específico.	3
1.4 Alcance	4
1.5 Metodología	4
CAPITULO 2	6
2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	6
2.1 Periódicos	6
2.1.1 Diario El Universo	6
2.1.2 Diario Expreso	9
2.1.3 Diario El Diario.....	12
2.2 Papers	14
2.3 Fotografías	23
2.4 Selección de los edificios demolidos en la ciudad de Portoviejo. .	24
CAPITULO III	26
3 METODOLOGÍA	26
3.1 Norma Ecuatoriana de Construcción -2015	26
3.1.1 Determinación de la zonificación sísmica y factor z.	26
3.1.2 Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico.	27
3.1.3 Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs.....	28
3.1.4 Espectro de diseño elástico de aceleraciones según la NEC-15...	30
3.1.5 Periodo de vibración.	33
3.1.6 Espectro elástico de desplazamiento.	33
3.1.7 Deriva Inelástica Máxima.....	34
3.2 Normas o Códigos ecuatorianos de la construcción.	35

3.2.1	Código ecuatoriano de la construcción -79 (CEC-79).....	35
3.2.1.1	Fuerza lateral (cortante basal).....	35
3.2.1.2	Factor de Importancia.....	36
3.2.1.3	Factor de fuerza horizontal “K” para edificios u otras estructuras. 36	
3.2.1.4	Coeficiente numérico (C).....	37
3.2.1.5	Periodo elástico fundamental de vibración de la estructura. ..	38
3.2.1.6	Coeficiente numérico de resonancia entre la estructura y el sitio (S). 38	
3.2.2	Código Ecuatoriano de la Construcción -2002 (CEC-02).	38
3.2.2.1	Zonas sísmicas y factor de zona z.	38
3.2.2.2	Geología local y perfiles de suelo. Coeficiente S y Cm.	39
3.2.2.3	Periodo de vibración T.....	39
3.2.2.4	Espectro Sísmico elástico de diseño.	40
3.2.2.5	Factor de Importancia.....	41
3.2.2.6	Cortante basal.	41
3.2.2.7	Coeficiente de configuración estructural en planta y elevación CEC-02. 42	
3.2.2.8	Factor de Reducción sísmico R.....	43
3.2.3	Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 (NEC-11)	43
3.2.3.1	Determinación de la zonificación sísmica y factor z.	43
3.2.3.2	Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico.	44
3.2.3.3	Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs.	46
3.2.3.4	Espectro de diseño elástico de aceleraciones según la NEC-11. 47	
3.2.3.5	Cortante Basal.....	49
3.2.3.6	Coeficientes de configuración en planta y elevación.	50
3.2.3.7	Coeficiente de Importancia.	53
3.2.3.8	Factor de reducción de la respuesta sísmica.	53
3.2.3.9	Carga sísmica reactiva.	55
3.2.3.10	Periodo de Vibración.	55
3.2.4	Factor de reducción sísmico efectivo (Refectivo)	55
	CAPITULO IV	57
4	MEMORIA DE CÁLCULO	57

4.1 Determinación de la aceleración en roca Z de acuerdo con el registro sísmico del 16 de abril del 2016 en Portoviejo.....	57
4.2 Cálculos de los edificios	58
4.2.1 Tipos de suelo	58
4.2.2 Espectro de respuesta de aceleración según NEC-15.	59
4.2.2.1 Suelo Tipo D.....	59
4.2.2.2 Suelo Tipo E.....	61
4.2.3 Edificio Álava.....	63
4.2.3.1 Periodo de Vibración.	63
4.2.3.2 Espectro de desplazamiento elástico de la estructura.....	64
4.2.3.3 Deriva máxima del edificio.....	64
4.2.3.4 Espectro de diseño según el año de construcción del edificio.65	
4.2.3.4.1 Código Ecuatoriano de la Construcción 1979- (CEC-79)....	65
4.2.3.5 Factor de Reducción efectivo.	66
4.2.4 Cafetería Jean Pierre.....	66
4.2.4.1 Periodo de Vibración.	66
4.2.4.2 Espectro de desplazamiento elástico de la estructura.....	67
4.2.4.3 Deriva máxima del edificio.....	67
4.2.4.4 Espectro de diseño según el año de construcción del edificio.68	
4.2.4.4.1 Código Ecuatoriano de la Construcción 2002- (CEC-02)....	68
4.2.4.5 Factor de Reducción efectivo.	70
4.2.5 Centro Comercial Municipal.....	70
4.2.5.1 Periodo de Vibración.	70
4.2.5.2 Espectro de desplazamiento elástico de la estructura.....	71
4.2.5.3 Deriva máxima del edificio.....	71
4.2.5.4 Espectro de diseño según el año de construcción del edificio.72	
4.2.5.4.1 Código Ecuatoriano de la Construcción 1979- (CEC-79)....	72
4.2.5.1 Factor de Reducción efectivo.	73
4.2.6 Clínica Santa Margarita.	73
4.2.6.1 Periodo de Vibración.	73
4.2.6.2 Espectro de desplazamiento elástico de la estructura.....	74
4.2.6.3 Deriva máxima del edificio.....	75
4.2.6.4 Espectro de diseño según el año de construcción del edificio.75	
4.2.6.4.1 Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 (NEC-11).	75

4.2.6.5	Factor de Reducción efectivo.....	78
4.2.7	Jefatura Cuerpo de Bomberos.....	78
4.2.7.1	Periodo de Vibración.....	78
4.2.7.2	Espectro de desplazamiento elástico de la estructura.....	79
4.2.7.3	Deriva máxima del edificio.....	80
4.2.7.4	Espectro de diseño según el año de construcción del edificio.....	81
4.2.7.4.1	Código Ecuatoriano de la Construcción 1979- (CEC-79)....	81
4.2.7.5	Factor de Reducción efectivo.....	82
4.2.8	Edificio Multifamiliares Los Olivos.....	82
4.2.8.1	Periodo de Vibración.....	82
4.2.8.2	Espectro de desplazamiento elástico de la estructura.....	83
4.2.8.3	Deriva máxima del edificio.....	83
4.2.8.4	Espectro de diseño según el año de construcción del edificio.....	84
4.2.8.4.1	Código Ecuatoriano de la Construcción 1979- (CEC-79)....	84
4.2.8.5	Factor de Reducción efectivo.....	85
4.2.9	Edificio de la Senagua.....	86
4.2.9.1	Periodo de Vibración.....	86
4.2.9.2	Espectro de desplazamiento elástico de la estructura.....	87
4.2.9.3	Deriva máxima del edificio.....	87
4.2.9.4	Espectro de diseño según el año de construcción del edificio.....	89
4.2.9.4.1	Código Ecuatoriano de la Construcción 1979- (CEC-79)....	89
4.2.9.5	Factor de Reducción efectivo.....	90
CAPITULO V	91
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
5.1	Conclusiones	91
5.2	Recomendaciones	94
BIBLIOGRAFÍAS	96
ANEXOS	98

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Falla estructurales de los edificios.....	15
Tabla 2. Características de los edificios demolidos afectados por el sismo del 16 de abril del 2016.	24
Tabla 3. Perfiles de suelo según la NEC-15.....	27
Tabla 4. Coeficientes de ampliación de suelo Fa según la NEC-15.....	29
Tabla 5. Coeficiente factor de sitio Fd según la NEC-15.....	29
Tabla 6. Coeficiente comportamiento no lineal del suelo Fs según la Nec-15.	30
Tabla 7. Parámetros para el espectro de aceleración. (NEC, 2015).	31
Tabla 8. Coeficiente (Ct) y α según la NEC-15.....	33
Tabla 9. Parámetros de espectro de desplazamientos. (NEC, 2015).....	34
Tabla 10. Límites de derivas según la NEC-15.	35
Tabla 11. Parámetros para calcular la cortante basal según el CEC-79.	35
Tabla 12. Factor de Importancia según el CEC-79.....	36
Tabla 13. Valor K CEC-79.	37
Tabla 14. Factor de suelo (S) y Cm según el CEC-02.....	39
Tabla 15. Factor de importancia según el CEC-02.....	41
Tabla 16. Factor de Reducción CEC-02.....	43
Tabla 17. Clasificación de los perfiles de suelo según la NEC-11.....	44
Tabla 18. Factor de sitio Fa NEC -11.	46
Tabla 19. Factor de desplazamiento para diseño en roca Nec-11.	46
Tabla 20. Factor de comportamiento no lineal de los suelos. NEC-11.....	47
Tabla 21. Parámetros de cálculo de espectro de diseño elástico sísmico...	48
Tabla 22. Parámetros para el cálculo de la cortante basal de diseño.	49
Tabla 23. Coeficiente de Importancia.....	53

Tabla 24 Factor de reducción de la respuesta.	53
Tabla 25. Coeficientes para calcular el periodo de vibración.	55
Tabla 26. Tipo de suelo de las estructuras.....	59
Tabla 27. Coeficiente de perfiles de suelo Fa, Fd, y Fs para suelo tipo D....	59
Tabla 28. Periodo límite de vibración para suelo tipo D.	60
Tabla 29. Cálculo de espectro de respuesta	60
Tabla 30. Coeficiente de perfiles de suelo Fa, Fd, y Fs para suelo tipo E...	61
Tabla 31. Período límite de vibración para suelo tipo E.	62
Tabla 32. Cálculo de espectro de respuesta.	62
Tabla 33. Periodo de Vibración.	63
Tabla 34. Periodo de Vibración.	66
Tabla 35. Periodo de Vibración.	70
Tabla 36. Periodo de Vibración.	74
Tabla 37. Coeficiente de perfil de suelo según la NEC-11.	75
Tabla 38. Periodo límites de vibración.....	75
Tabla 39. Cálculo de espectro de diseño	76
Tabla 40. Periodo de Vibración.	77
Tabla 41. Periodo de Vibración.	79
Tabla 42. Periodo de Vibración.	82
Tabla 43. Periodo de Vibración.	86
Tabla 44. Resumen de análisis de cálculo.	92

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Centro de Rehabilitación Social del Rodeo después del sismo.	7
Ilustración 2. Edificio del Cuerpo de Bomberos de Portoviejo.	7
Ilustración 3. Hotel New York antes del sismo del 16 de abril.	8
Ilustración 4. En proceso de demolición del Hotel New York después del sismo.	8
Ilustración 5. Hotel El Gato antes del sismo.	9
Ilustración 6. Escombros del Hotel El Gato.	9
Ilustración 7. Edificio del IESS Portoviejo antes y después del sismo.	10
Ilustración 8. Edificio Álava antes del sismo.	11
Ilustración 9. Edificio Álava después del sismo.	11
Ilustración 10. Clínica San Margarita después del sismo 16 Abril.	12
Ilustración 11. Edificio de la Cafetería Jean Pierre después del terremoto. .	13
Ilustración 12. Edificio de Los Olivos después de terremoto 16 Abril del 2016.	14
Ilustración 13. Centro Médico del Pacífico antes del sismo.	17
Ilustración 14. Edificio Centro Médico el Pacífico después del sismo.	17
Ilustración 15. Clínica San Antonio.	18
Ilustración 16. Cooperativa del Magisterio Manabita colapsado.	18
Ilustración 17. Edificio Pillín después del sismo.	19
Ilustración 18. Edificio Capitana Santa después del sismo.	19
Ilustración 19. Farmacia San Gregorio.	19
Ilustración 20. Centro Comercial Municipal de Portoviejo.	20
Ilustración 21. Farmacia Comercio después del sismo.	20
Ilustración 22. Almacén de Repuesto.	21
Ilustración 23. Edificio de Sr. Mario Loor.	21

Ilustración 24. Edificio Calzado Mariner después del sismo.	22
Ilustración 25. Edificio Sr. Pedro Ramírez.	22
Ilustración 26. Edificio Servipagos	23
Ilustración 27. Edificio Senagua después del sismo de 16 de abril de 2016.	23
Ilustración 28. Mapa de zonas sísmicas del Ecuador y valor z.	27
Ilustración 29. Espectro Elástico de aceleración (S_a (g)).....	30
Ilustración 30. Espectro sísmico elástico de desplazamiento.	34
Ilustración 31 Zonas sísmica del Ecuador CEC-02.....	39
Ilustración 32. Espectro de diseño sísmico.....	40
Ilustración 33. Coeficiente de configuración estructural en planta y elevación.	42
Ilustración 34. Mapa de zonas sísmicas del Ecuador y valor z. NEC-11.	44
Ilustración 35. Espectro de diseño elástico NEC-11.	47
Ilustración 36 Coeficientes de configuración recomendadas igual a 1 en planta y elevación.	50
Ilustración 37 Coeficientes de configuración igual a 0.9 en planta y elevación.	50
Ilustración 38. Coeficientes de irregularidad en planta.	51
Ilustración 39 Coeficientes de irregularidad en elevación.	52
Ilustración 40. Registro de aceleración en la estación en la ciudad de Portoviejo.	57
Ilustración 41 Mapa de microzonas sísmica en Portoviejo.	58
Ilustración 42 Espectro de respuesta elástico de aceleración suelo tipo D para el sismo 16 de abril del 2016 en Portoviejo.	61
Ilustración 43 Espectro de respuesta elástico de aceleración suelo tipo E para el sismo 16 de abril del 2016 en Portoviejo.	63
Ilustración 44 Elemento estructurales presentaron daños no estructurales .	68
Ilustración 45 Daños no estructurales.....	68

Ilustración 46 Elementos estructurales del edificio.	71
Ilustración 47 Daños en los elementos.	72
Ilustración 48 Espectro de diseño elástico de aceleración.....	77
Ilustración 49 Daños no estructurales en la Jefatura de Cuerpos de Bomberos en Portoviejo.	80
Ilustración 50 Desprendimiento de recubrimiento en la conexión y corte en mampostería.....	84
Ilustración 51 Daños no estructurales nudos y columna del edificio.	88
Ilustración 52 Daños no estructurales en el edificio de Senagua.....	88
Ilustración 53. Límites de derivas internacionales.....	95

RESUMEN

En este proyecto de investigación se estudiaron las causas de la demolición de edificios afectados por el sismo del 16 de abril del 2016 en la ciudad de Portoviejo (Ecuador). Se realizó la respectiva investigación en periódicos, papers y fotografías de los edificios afectados, donde se encontraron 7 edificios de los cuales se requería conocer los motivos de su demolición. Se procedió a enviar cartas a entidades públicas como el GAD de Portoviejo y el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, para solicitar información sobre las causas de la demolición de los edificios. Dicha información solo se obtuvo parcialmente por falta de respuesta efectiva de las entidades públicas. El proyecto se continuó con la determinación del tipo de suelo donde se encontraban los edificios, obtención de registro sísmico durante el evento del 16 de abril de 2016, los espectros de respuesta elásticos de aceleración de sistemas de 1 GDL durante el sismo, los espectros de respuesta elásticos de desplazamiento, la deriva inelástica máxima, los coeficientes sísmicos de diseño y el valor de reducción de la respuesta elástica efectivos R que tuvieron los edificios durante el sismo. Dichos análisis se basaron en la NEC- 2015 y las normas vigentes en el año de construcción de cada edificio. Una vez que se obtuvieron dichos resultados se procedió a valorar si hubo motivos técnicos para su demolición y como pueden ayudar los resultados a establecer parámetros para futuras decisiones sobre la demolición o recuperación de edificios afectados por sismos en el Ecuador.

Palabras Claves: Espectro de respuesta, factor de reducción, coeficiente sísmico, deriva máxima, desplazamiento, normas.

ABSTRACT

This research project focuses on the causes of demolition of damaged buildings in the city of Portoviejo, capital of the Manabí Province, struck by the 7,8-magnitude earthquake of April 16, 2016 in Ecuador. The research was carried out reviewing newspapers, papers, technical reports and pictures of damages, finding 7 buildings that were demolished even although the reasons of such action are not evident. Letters were sent to public offices such as the Municipality of Portoviejo and the Ministry of Urban Development and Housing to request information on the demolition of the structures of the sample. Partial information was obtained in such way and the research continued with the analysis of the acceleration elastic response spectra, the displacement elastic response spectra, the inelastic displacement, the maximum inelastic drift, the seismic design coefficient used in design and the effective R value that the buildings had during the earthquake. The analysis was based on the 2015 Ecuadorian Construction Code and the regulations of the year of construction of each building. Therefore, once the above mentioned results were obtained, an evaluation of technical reasons for demolition was performed. Finally, some technical criteria to decide on demolition or recovering of buildings affected by earthquakes in Ecuador were established.

Key words: Response spectrum, reduction factor, seismic coefficient, maximum drift, displacement, codes.

CAPITULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Los sismos son movimientos de tierra que producen ondas elásticas, vibraciones y oscilaciones y pueden ser clasificados en dos niveles:

- Temblores
- Terremotos

Un temblor es un movimiento telúrico de menor magnitud en comparación del terremoto y muchas veces es imperceptible.

Los terremotos se tratan de fenómenos naturales que generan movimientos violentos de la Tierra, originados por la liberación de energía que se acumula durante el tiempo, pueden ser por fuerzas ocasionadas en el interior de la tierra conocido como tectónicos, o volcánicos debido a la extrusión del magma hacia el exterior.

La magnitud es un valor coherente con la cantidad de energía liberada por un sismo. Una de las escalas de magnitud más conocida y utilizada en el Ecuador es la de Richter.

Hay diferentes tipos de terremotos y se clasifican de acuerdo con la profundidad del hipocentro, y pueden ser:

- Superficiales: con profundidad menor a 30 km
- Intermedios: con profundidad entre 30 – 70 km
- Profundos: con profundidad mayor a 70 km

En el Ecuador, en las provincias de Manabí y Esmeraldas, el 16 de abril del 2016 se suscitó un sismo con magnitud de 7.8 en la escala de magnitudes de momento sísmico (Mw). El epicentro de este evento estuvo en el cantón Pedernales. Debido a la intensidad sísmica, en muchos de los cantones del país las edificaciones quedaron con serios daños en sus estructuras, siendo tal vez las más afectadas las ubicadas en la ciudad de Portoviejo, en donde

se produjeron grandes fallas en las construcciones, muchas de las cuales colapsaron.

A consecuencia de este desafortunado evento, **el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)** eligió técnicos con el propósito de realizar las respectivas investigaciones para verificar si las estructuras con diferentes tipos de fallas debían ser demolidas.

1.2 Justificación del tema

La decisión de demoler una edificación después de un sismo debe basarse en criterios sustentados en diferentes tipos de ensayos y un análisis técnico. Con esa base se puede concluir si es factible realizar la rehabilitación de una estructura o si procede su demolición.

Con este trabajo de investigación se pretende conocer si para asumir la decisión de demoler las edificaciones, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) u otras entidades públicas y privadas responsables de la toma de decisión para la demolición, realizaron los correspondientes estudios con bases científicas y técnicas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Determinar si los edificios demolidos en la ciudad de Portoviejo después del sismo del 16 de abril de 2016 tenían daños que ameritaban dicha demolición desde el criterio de la Ingeniería Civil.

1.3.2 Objetivo específico

- Estimar la deriva inelástica máxima y el factor de reducción efectivo de los edificios demolidos afectados por el sismo del 16 de abril del 2016 en Portoviejo.
- Recomendar a la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015, la modificación de la deriva máxima y factor de reducción en base a los resultados obtenidos en esta investigación.

1.4 Alcance

Se estudiarán todos los casos disponibles o accesibles de demolición de los edificios que sufrieron afectación por causa del terremoto del 16 de abril de 2016 en la ciudad de Portoviejo, determinando los tipos de daños sufridos, las características arquitectónicas y estructurales del edificio, el tipo de suelo según la NEC-15, el período fundamental de vibración del edificio y el cortante basal de diseño de la estructura. Siempre que sea posible, se estimará la deriva elástica y la deriva plástica del edificio, usando el método estático definido en la NEC-15.

Luego, para cada edificio del estudio se determinará si los daños sufridos comprometieron la seguridad de la estructura de manera tal que la rehabilitación no fuera técnica o económicamente posible, ameritando entonces la demolición desde el punto de vista de la Ingeniería Civil.

1.5 Metodología

Mediante las publicaciones existentes en internet, diarios, revistas especializadas e información verbal de profesionales, se determinarán los casos de edificios públicos y privados que se conozca que hayan sido demolidos en la ciudad de Portoviejo después del sismo del 16 de abril de 2016.

Con cartas de presentación firmadas por las autoridades correspondientes de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, se procederá a notificar de la realización del estudio a las entidades públicas y privadas, propietarias o responsables de los edificios; y a solicitar la información correspondiente (planos arquitectónicos antes y después del sismo, planos estructurales antes y después del sismo, memoria de cálculo original del edificio, memoria de cálculo de la rehabilitación, memoria técnica de construcción, informes de inspecciones técnicas después del terremoto, informes que sustentan la demolición, fotografías o vídeos).

Con esta información, se aplicará el método sísmico estático descrito en el capítulo de Peligro Sísmico y Diseño Sismo Resistente de la NEC-15 (Código

NEC-SE-DS) para determinar en lo posible el espectro elástico de respuesta del sismo, la fuerza sísmica total o cortante basal, las fuerzas sísmicas por piso y por pórtico y las derivas máximas elástica y plástica del edificio. Estos últimos valores se compararán con los valores admisibles de acuerdo con la norma.

Adicionalmente, mediante el uso del capítulo de Riesgo Sísmico, Evaluación y Rehabilitación de Estructuras (Código NEC-SE-RE) se determinará si los métodos de rehabilitación descritos en la norma eran técnica y económicamente aplicables en cada caso y, por consiguiente, la demolición no era obligatoria.

Se elaborarán las conclusiones de cada caso, definiendo si la demolición estaba justificada desde el criterio de la Ingeniería Civil.

CAPITULO 2

2 Recopilación de información

Se conoce que, en el Ecuador en la Provincia de Manabí y Esmeraldas, el 16 de abril del 2016 se suscitó un sismo con magnitud 7,8 en la escala de magnitud de momento sísmico, donde una de las ciudades más afectadas por el sismo fue Portoviejo, donde resultaron innumerables edificaciones destruidas con graves daños estructurales y no estructurales.

Este capítulo tiene la finalidad de encontrar información acerca de varios edificios que se vieron afectados por el sismo en la ciudad de Portoviejo, con la ayuda del Tutor, Ingeniero Alex Villacrés y la información encontrada en periódicos, papers, fotografías e investigaciones en sitios web.

2.1 Periódicos

Las bases de información se encuentran en los periódicos como El Universo, Expreso, El Diario, entre otros que han ayudado para la recopilación.

2.1.1 Diario El Universo

El 22 de mayo de 2016 el periodista Neptalí Palma informó que el sismo que sacudió al Ecuador en la Provincia de Manabí en la ciudad de Portoviejo dejó infraestructuras con daños como el Centro de Rehabilitación social del Rodeo, donde especifica que la edificación sufrió un colapso de 30 metros de cerramiento, además el terremoto provocó daños tanto en las áreas de comedor, en el pabellón de mediana seguridad, cuarto de taller y área terapéutica. (Palma, 2016).



Ilustración 1. Centro de Rehabilitación Social del Rodeo después del sismo.

(Fuente: Neptalí Palma – El Universo)

El viernes 10 de junio de 2016 en la edición número 34589 de diario El Universo, Neptalí Palma reseña:

Por el desastre, el Edificio del Cuerpo de Bomberos de Portoviejo- ubicado en pleno centro de la ciudad-, quedó endeble y por ello se recomendó deshabilitarlo y proceder a demolerlo, algo que se concretará la próxima semana, asegura Jorge González, el jefe del organismo. (Palma, 2016, pág. 2).



Ilustración 2. Edificio del Cuerpo de Bomberos de Portoviejo.

(Fuente: Neptalí Palma – El Universo)

El domingo 21 de agosto de 2016, Neptalí Palma comentó una de la estructura afectado por el sismo del 16 de abril fue el Hotel New York, dicho hotel era una representación de hospedaje en Portoviejo. El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) establece que el Hotel New York era una de las 200 estructuras que faltaba por demoler. El sismo dejó varios deterioros irremediables en cerca de 5500 construcciones, alrededor de 2.8 millones de metros cúbicos de escombros. (Palma, 2016).



Ilustración 3. Hotel New York antes del sismo del 16 de abril.

(Fuente: Google Mapas)



Ilustración 4. En proceso de demolición del Hotel New York después del sismo.

(Fuente: Neptalí Palma – El Universo)

2.1.2 Diario Expreso

El lunes 18 de abril de 2016, Gelitza Robles reporta que a consecuencia del sismo los edificios del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social y el hotel El Gato que estaban ubicados en la Av. Pedro Gual colapsaron y quedaron como grandes montañas de escombros de concreto. (Robles, 2016).



Ilustración 5. Hotel El Gato antes del sismo.

(Fuente: Google Maps)



Ilustración 6. Escombros del Hotel El Gato.

(Fuente: Ing. Hugo Landívar)

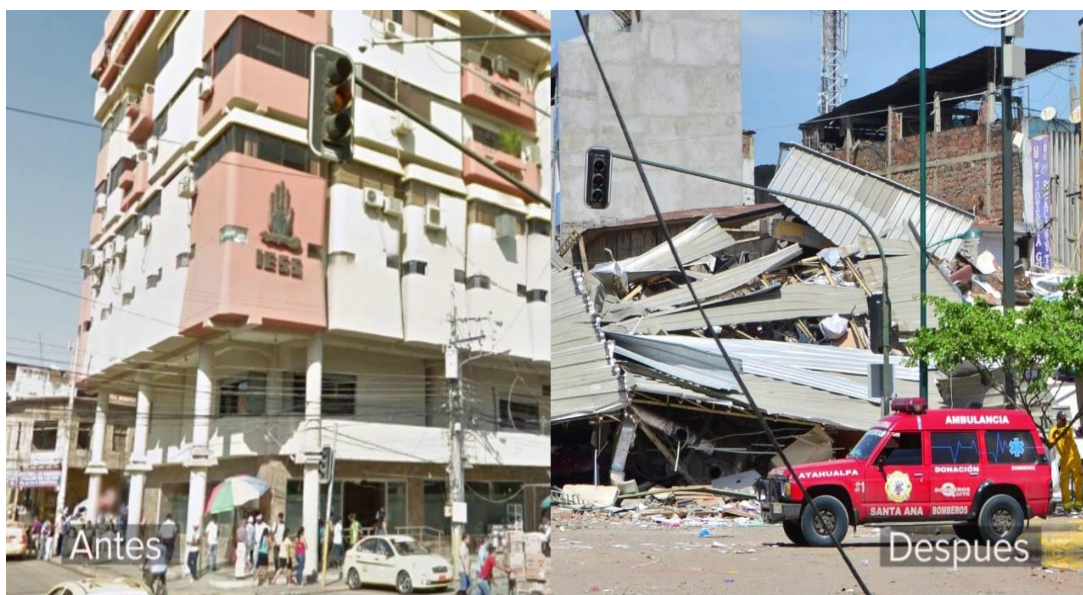


Ilustración 7. Edificio del IESS Portoviejo antes y después del sismo.

(Fuente: YouTube)

El viernes 12 de agosto de 2016, Hernán Lucas informa que la Sra. Leonor Álava y Sra. Luz Maria Álava además de ser las administradoras del edificio Álava, son dueñas de la propiedad. El referido edificio era la tercera y última edificación que se le iba a realizar su demolición con explosivos debido a los daños estructurales que generó el terremoto del 16 de abril del 2016. (Hernán, 2016).

El Edificio Álava era una de las primeras edificaciones multifuncional de la ciudad de Portoviejo construido en el año 1979, constaba de 9 pisos. Dicho inmueble era el tercero más alto de la ciudad. El mecanismo que se utilizó para demolerlo fue por el método de implosión.

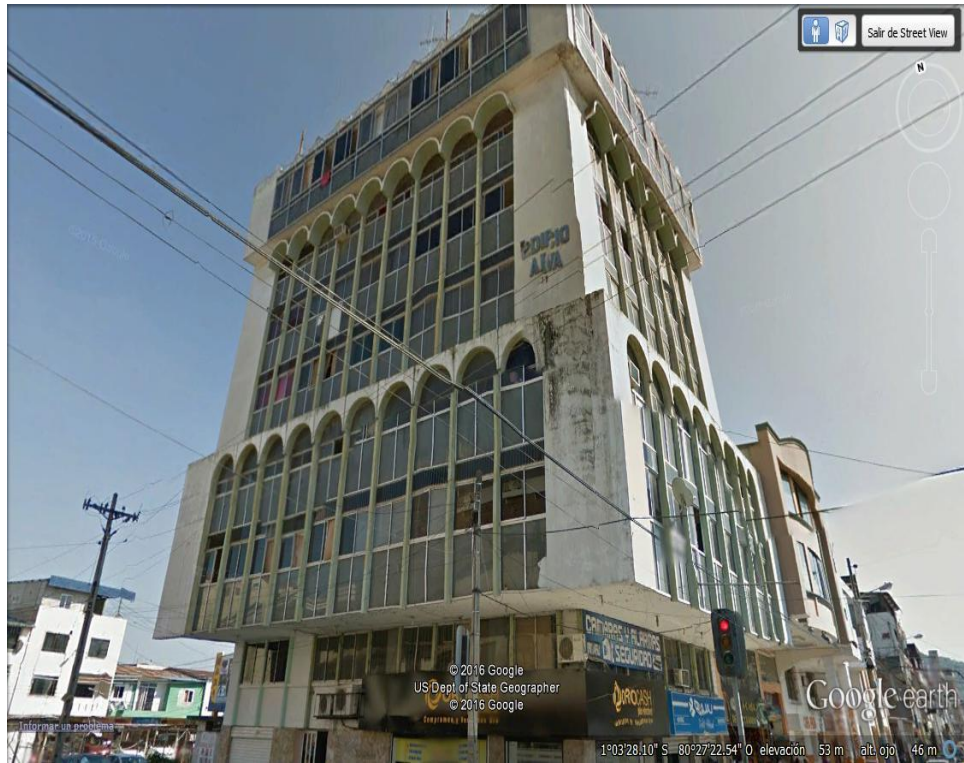


Ilustración 8. Edificio Álava antes del sismo.
(Fuente: Google Earth)



Ilustración 9. Edificio Álava después del sismo.
(Fuente: Ing. Hugo Landívar)

2.1.3 Diario El Diario

El viernes 27 de mayo de 2016 el diario anuncia acerca que la Clínica Santa Margarita está en operación y atendiendo con normalidad, pero informan de la demolición de unos de pisos que corresponde a la segunda torre debido a debilidad que se encuentra la estructura.

El Diario informa que la Clínica Santa Margarita es una edificación dividida en dos torres. La primera torre de la clínica no presentó ningún tipo de daño por lo que el Ministerio de Desarrollo de Urbano y Vivienda (MIDUVI) al realizar las respectivas inspecciones le otorgó el sello verde y especificó que se podía ingresar sin ningún problema. El Diario comunicó que la clínica se encontraba trabajando con normalidad en las diferentes áreas como consultas, quirófanos, entre otros. Mientras en la segunda torre de la clínica determinó que solamente se encontraba en uso el 20 por ciento de la estructura, debido a los daños que se presentaron en las losas por lo que se procedió a intervenir para su demolición. (Anónimo, 2016).



Ilustración 10. Clínica San Margarita después del sismo 16 Abril.
(Fuente: El Diario)

El domingo 31 de julio de 2016 El Diario en la sección de tránsito anunció que en la Av. Ramos Duarte y Chile se habían cerrado las vías por el motivo que se estaba demoliendo el edificio de la Cafetería Jean Pierre que constaba de 4 plantas incluyendo la planta baja y terraza. (Anónimo, 2016).



Ilustración 11. Edificio de la Cafetería Jean Pierre después del terremoto.
(Fuente: Ing. Alex Villacrés)

El miércoles 17 de agosto de 2016 el diario en la sección de terremoto 16A informó acerca de los bloques multifamiliares de Los Olivos en la ciudad de Portoviejo que serán demolidos.

El Diario comunicó que consultora Vera y Asociados realizó el estudio estructural del edificio multifamiliar Los Olivos, en la cual tuvo una reunión con el Sr. Eder Cevallos director provincial del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), quien manifestó que se debería entregar dos alternativas de estudios estructurales para poder realizar el mejoramiento de los edificios. (Anónimo, 2016).



Ilustración 12. Edificio de Los Olivos después de terremoto 16 Abril.
(Fuente: El Diario)

2.2 Papers

La investigación de los Ingenieros Roberto Aguiar de la Escuela Politécnica del Ejército (ESPE) y Jordy Mieles Bravo de la Universidad Técnica de Manabí (UTM) contribuyó para dar a conocer las causas por las cuales los edificios de la Ciudad de Portoviejo colapsaron y los que tuvieron que demolerse debidos a las fallas que presentaban las estructuras.

Los Ingenieros que realizaron la investigación comentaron que varias fueron las causas por las cuales los edificios colapsaron.

Se evaluaron varios edificios que se encontraban en la zona cero y que sufrieron el colapso total de la estructura. Las construcciones mayoritariamente cayeron porque tenían poca rigidez causada por aberturas de ventanas, por causa de suelos saturados, o por causa de los depósitos aluviales en las cercanías al río.

El daño más frecuente que se encontraba en las estructuras era el de la columna corta, debido a la mampostería o incorrectos cálculos estructurales. Es más común que este tipo de falla sea frágil por cortante que dúctil por flexo-

compresión, es por ello por lo que los ingenieros comentaron que para que no fallen las estructuras debido a un terremoto como sucedió el 16 de abril las columnas deben ser capaces de absorber y disipar energía por ductilidad, en tanto que la columna corta tiene una capacidad baja para la disipación de energía.

Otro tipo de falla encontrada fue la falta de confinamiento en la unión de vigas y columnas (nodos), así como en las mismas vigas y columnas. También hubo fallas por añadir pisos no planificados en los cálculos originales (aumento de masa en la estructura). Otra falla que se detectó fue la existencia de pisos blandos debidos a la falta de rigidez en el piso inferior y exceso de rigidez en el piso superior. (Aguiar & Mieles, 2016)

Otras fallas se produjeron por aberturas dentro del edificio, así como en las esquinas.

Finalmente, hubo fallas debidas a la licuefacción en los suelos.

En la siguiente tabla 1 basada en la información proporcionado por los ingenieros Roberto Aguiar y Jordy Mieles Bravo se da a conocer las diferentes edificaciones reportadas, con sus fallas estructurales:

Tabla 1. Falla estructurales de los edificios.

Estructura (edificios)	Falla estructural
Centro Médico del Pacifico (Mutualista Pichincha)	<ul style="list-style-type: none"> • Columna débil - viga fuerte.
Clínica San Antonio	<ul style="list-style-type: none"> • Columna débil - Viga fuerte. • Piso débil. • Falta de confinamiento en las columnas.
Coop. Del Magisterio Manabita	<ul style="list-style-type: none"> • Efecto P- Δ (vigas y columnas).
Hotel El Gato	<ul style="list-style-type: none"> • Desplazamiento lateral (efecto P- Δ).

Estructura (edificios)	Falla estructural
Pillín	<ul style="list-style-type: none"> • Torsión. • Nudos en los elementos.
Capitana Santana	<ul style="list-style-type: none"> • Efecto P-Δ. • Exceso de masa en la estructura.
Edificio el IESS	<ul style="list-style-type: none"> • Efecto P-Δ, • Columnas esbeltas (débiles respecto a la carga de la estructura) • Torsión.
Centro Comercial Portoviejo	<ul style="list-style-type: none"> • Pisos blandos. • Columnas débiles.
Farmacia San Gregorio	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de confinamiento en las columnas. • Deflexión en los volados.
Farmacia Comercio	<ul style="list-style-type: none"> • Piso blando. • Falta de confinamiento. • Viga fuerte -columna débil.
Almacén de Repuesto	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de confinamiento en las columnas. • Cambios estructurales en la edificación (colocación de ventana en una columna).
Edificio de Sr. Mario Loor	<ul style="list-style-type: none"> • Piso débil. • Falta de confinamiento en las columnas.
Calzado Mariner	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de confinamiento. • Efecto P- Δ
Edificio Sr. Pedro Ramírez	<ul style="list-style-type: none"> • Falló la viga por volado.
Edificio Servipagos	<ul style="list-style-type: none"> • Columnas esbeltas. • Losa plana.

Fuente: Autora



Ilustración 13. Centro Médico del Pacífico antes del sismo.
(Fuente: Google Maps)



Ilustración 14. Edificio Centro Médico el Pacífico después del sismo.
(Fuente: Tatiana Hidrovo)



Ilustración 15. Clínica San Antonio.
(Fuente: Ing. Alex Villacrés)



Ilustración 16. Cooperativa del Magisterio Manabita colapsado.
(Fuente: Ing. Alex Villacrés)



Ilustración 17. Edificio Pillín después del sismo.
(Fuente: Ing. Roberto Aguiar y Ing. Jordy Mieles)



Ilustración 18. Edificio Capitana Santa después del sismo.
(Fuente: Ing. Roberto Aguiar y Ing. Jordy Mieles)



Ilustración 19. Farmacia San Gregorio.
(Fuente: Ing. Roberto Aguiar y Ing. Jordy Mieles)



Ilustración 20. Centro Comercial Municipal de Portoviejo.
(Fuente: Ing. Alex Villacrés)



Ilustración 21. Farmacia Comercio después del sismo.
(Fuente: Ing. Hugo Landívar)



Ilustración 22. Almacén de Repuesto.
(Fuente: Ing. Roberto Aguiar y Ing.Jordy Mieles)



Ilustración 23. Edificio de Sr. Mario Loor.
(Fuente: Ing. Roberto Aguiar y Ing.Jordy Mieles)



Ilustración 24. Edificio Calzado Mariner después del sismo.
(Fuente: Ing. Roberto Aguiar y Ing.Jordy Mieles)



Ilustración 25. Edificio Sr. Pedro Ramírez.
(Fuente: Ing. Roberto Aguiar y Ing.Jordy Mieles)



Ilustración 26. Edificio Servipagos
(Fuente: Ing. Roberto Aguiar y Ing. Jordy Mieles)

2.3 Fotografías

Basado en la información de fotografía entregada por el Tutor, Ing. Alex Villacrés se consideró estudiar el caso de demolición del Edificio de la Senagua. Se aprecia visualmente que el edificio no presenta daños estructurales y se requiere conocer cuál fue la causa de su demolición.



Ilustración 27. Edificio Senagua después del sismo de 16 de abril de 2016.

(Fuente: Ing. Alex Villacrés)

2.4 Selección de los edificios demolidos en la ciudad de Portoviejo

Después de realizar la respectiva investigación por medio de periódicos, papers y fotografías, se tiene conocimiento que, en la Provincia de Manabí, en la ciudad de Portoviejo debido al sismo del 16 de abril del 2016 con una magnitud de 7.8, se encontró edificios con diferentes tipos de estructuras que resultaron afectados por el movimiento sísmico y en los cuales se va a realizar los correspondientes análisis técnicos para determinar las causas de su demolición.

A continuación, en la tabla 2 se identifican los edificios que se van a evaluar:

Tabla 2. Características de los edificios demolidos afectados por el sismo del 16 de abril del 2016.

No	Edificios	Características	
1	Edificio Álava	Provincia	Manabí
		Ciudad	Portoviejo
		Ubicación	Av. Pedro Gual y Primero de Enero
		Número de pisos	9
2	Cafetería Jean Pierre	Provincia	Manabí
		Ciudad	Portoviejo
		Ubicación	Av. Chile y Ramos Duarte.
		Número de pisos	4
3	Centro Comercial Municipal	Provincia	Manabí
		Ciudad	Portoviejo
		Ubicación	Av. Chile y Pedro Gual.
		Número de pisos	9
4	Clínica Santa Margarita	Provincia	Manabí
		Ciudad	Portoviejo
		Ubicación	Av.18 de octubre y Simón Bolívar
		Número de pisos	6
5	Jefatura Cuerpo de Bombero	Provincia	Manabí
		Ciudad	Portoviejo
		Ubicación	Av. Ricaurte y Córdova.
		Número de pisos	3

No	Edificios	Características	
6	Bloques Multifamiliares de Los Olivos	Provincia	Manabí
		Ciudad	Portoviejo
		Ubicación	Av. Del Ejercito y Ciudadela de Los Olivos.
		Número de pisos	4
7	Edificio Senagua	Provincia	Manabí
		Ciudad	Portoviejo
		Ubicación	Av. Olímpica y Av. Bolivariana.
		Número de pisos	4

Fuente: Autora

CAPITULO III

3 Metodología

En el proceso de investigación de los estudios de las causas de demolición de edificios afectados por el sismo del 16 de abril del 2016 en Portoviejo, se da a conocer el procedimiento que se utilizó para determinar los espectros de respuesta de aceleración, los espectros de desplazamientos elásticos, las derivas máximas de la estructura según la Norma Ecuatoriana de Construcción 2015.

Adicionalmente, se calculó el espectro de diseño, coeficiente sísmico y cortante basal según el código o norma vigente al año de construcción de cada uno de los edificios en estudio.

Una vez, conocidos los parámetros se procede a determinar el factor de reducción efectivo (R efectivo) de la estructura.

3.1 Norma Ecuatoriana de Construcción -2015

3.1.1 Determinación de la zonificación sísmica y factor z

De acuerdo con la NEC-15, se debe determinar el valor z dependiendo de la ubicación de la estructura, tanto que el valor z corresponde a la aceleración máxima en roca. Para poder realizar el diseño sísmico, se conoce que dicho valor esta expresado como fracción de la aceleración de la gravedad. (NEC, 2015, pág. 27)

En la ilustración 28 se muestra los seis tipos de zonas sísmicas que tiene el Ecuador.

- $Z= 0.15$
- $Z= 0.25$
- $Z= 0.30$
- $Z= 0.35$
- $Z= 0.40$
- $Z \geq 0.5$

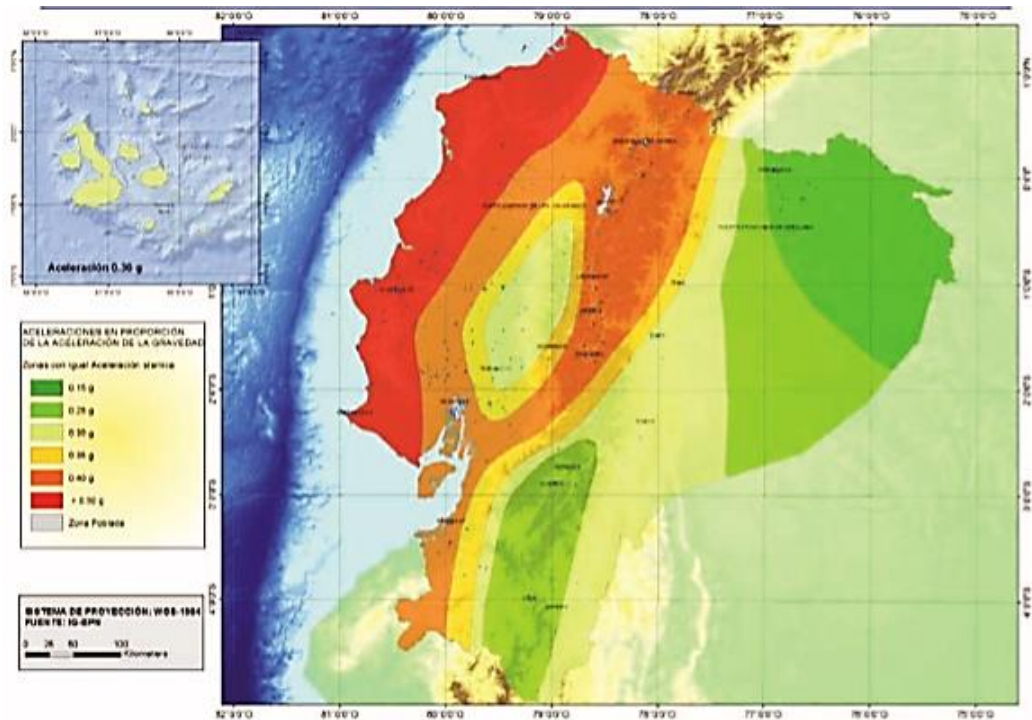


Ilustración 28. Mapa de zonas sísmicas del Ecuador y valor z.
(Fuente: NEC-15)

3.1.2 Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico

La norma ecuatoriana de la construcción da a conocer que:

Se definen seis tipos de perfil de suelo, los parámetros utilizados en la clasificación son los correspondientes a los 30 m superiores del perfil para los perfiles tipo A, B, C, D y E. Para el perfil tipo F se aplican otros criterios. (NEC, 2015, pág. 29).

Tabla 3. Perfiles de suelo según la 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 cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s $> V_s \geq 360$ m/s

	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100 \text{ kPa}$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180 \text{ m/s}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50 \text{ kPa}$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75)	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.	

3.1.3 Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs

Después de conocer el respectivo factor de valor z y el tipo de suelo se procede a seleccionar los coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs.

En la NEC-15 establece lo siguiente:

Fa. - Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio. (NEC, 2015, pág. 31).

Tabla 4. Coeficientes de ampliación de suelo Fa según la NEC-15.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Fd. - Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio. (NEC, 2015, pág. 31).

Tabla 5. Coeficiente factor de sitio Fd según la NEC-15.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Fs.- Comportamiento no lineal de los suelos. 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. (NEC, 2015, pág. 32).

Tabla 6. Coeficiente comportamiento no lineal del suelo F_s según la Nec-15.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

3.1.4 Espectro de diseño elástico de aceleraciones según la NEC-15

Para determinar el espectro de diseño elástico de aceleraciones S_a , se necesita conocer el factor de zona sísmica, el tipo de suelo donde está ubicada la estructura y la consideración de los valores de los coeficientes de perfiles de suelo F_a , F_d y F_s . (NEC, 2015, pág. 32).

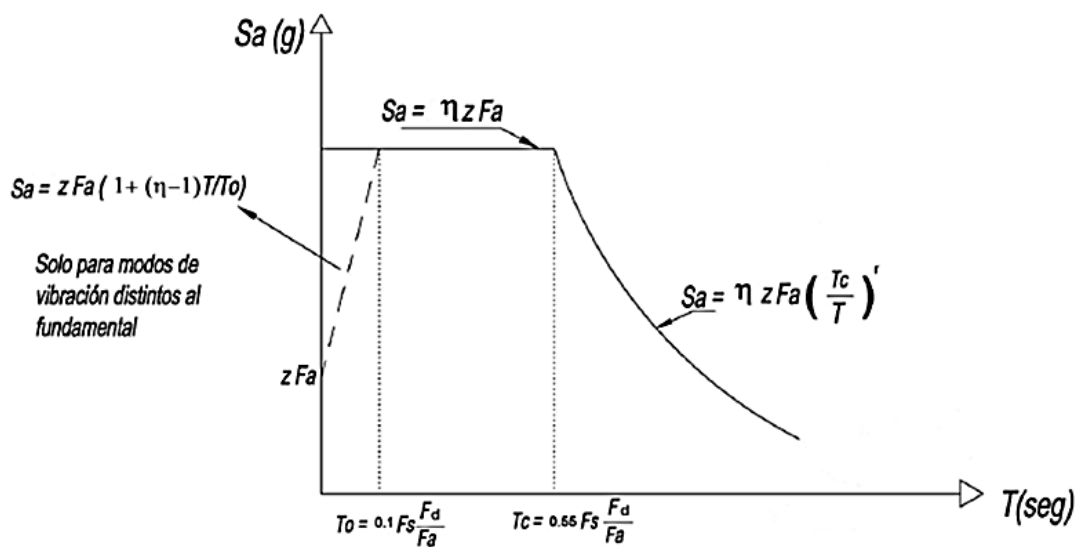


Ilustración 29. Espectro Elástico de aceleración (S_a (g))

(Fuente: NEC-15)

En la tabla 7 se aprecia los diferentes significados de cada uno de los parámetros establecidos para establecer los espectros elásticos de aceleración.

Tabla 7. *Parámetros para el espectro de aceleración. (NEC, 2015).*

Parámetros	Significado
η	<p>Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado. Se basan de acuerdo con la región del Ecuador donde esta ubica la estructura:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $\eta = 1.80$: Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas), • $\eta = 2.48$: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos • $\eta = 2.60$: Provincias del Oriente
Fa	<p>Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio</p>
Fd	<p>Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio</p>
Fs	<p>Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos</p>
Sa	<p>Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del período o modo de vibración de la estructura</p>

Parámetros	Significado
T	Período fundamental de vibración de la estructura
To	Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
Tc	Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
Z	Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g
r	Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto. r = 1 para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E r = 1.5 para tipo de suelo E.

Fuente: NEC-15

Para la construcción del espectro elástico de aceleración se utilizan las siguientes ecuaciones:

- $S_a = z * F_a$ para $T = 0$ Ec.1
- $S_a = z * F_a * \left(1 + (\eta - 1) * \left(\frac{T}{T_o}\right)\right)$ para $0 \leq T \leq T_o$ Ec.2
- $S_a = \eta * z * F_a$ para $T_o \leq T \leq T_c$ Ec.3
- $S_a = \eta * z * F_a * \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$ para $T \geq T_c$ Ec.4
- $T_o = 0.1 * F_s * \left(\frac{F_d}{F_a}\right)$ Ec.5
- $T_c = 0.55 * F_s * \left(\frac{F_d}{F_a}\right)$ Ec.6

3.1.5 Periodo de vibración

El valor de T obtenido al utilizar estos métodos es una estimación inicial razonable del período estructural que permite el cálculo de las fuerzas sísmicas a aplicar sobre la estructura.

$$T = C_t * h_n^\alpha \quad \text{Ec.7}$$

De acuerdo con la NEC-15 determina que:

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

Tabla 8. Coeficiente (Ct) y α según la NEC-15

Tipo de estructura	C _t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

3.1.6 Espectro elástico de desplazamiento

La NEC-15 da a conocer que el espectro de desplazamiento corresponde al nivel de sismo de diseño y se utilizan las siguientes ecuaciones:

- $S_d = S_a(g) * \left(\frac{T}{2*\pi}\right)^2$ para $0 \leq T \leq T_L$ Ec.8

- $S_d = S_a(g) * \left(\frac{T_L}{2*\pi}\right)^2$ para $T \geq T_L$ Ec.9

- $T_L = 2.4 * F_d$ Ec.10

En la tabla 9 se aprecia los diferentes significados de cada uno de los parámetros establecidos por la NEC-2015 para determinar los espectros elásticos de desplazamiento.

Tabla 9. Parámetros de espectro de desplazamientos. (NEC, 2015).

Parámetros	Significado
g	Aceleración de la gravedad.
Sd	Es el espectro elástico de diseño de desplazamientos (definido para una fracción del amortiguamiento respecto al crítico igual a 5%).

Fuente: NEC-15

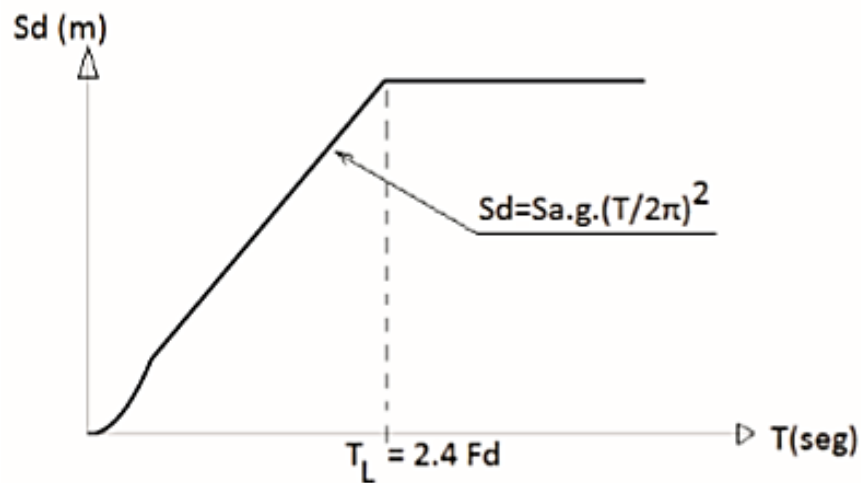


Ilustración 30. Espectro sísmico elástico de desplazamiento.

(Fuente: NEC-15)

3.1.7 Deriva Inelástica Máxima

Para calcular las derivas máximas de cada edificio se necesita tanto el espectro de desplazamiento, la altura de la estructura.

La Ec.11 representa la deriva inelástica máxima de la estructura.

- $\Delta M = 0.75 * \frac{Sd}{H}$ Ec.11

Tabla 10. Límites de derivas según la NEC-15.

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

3.2 Normas o Códigos ecuatorianos de la construcción

3.2.1 Código ecuatoriano de la construcción -79 (CEC-79)

3.2.1.1 Fuerza lateral (cortante basal)

Para determinar el coeficiente sísmico y la fuerza lateral con el CEC-79 se calcula con las ecuaciones 12 y 13:

- $C_s = I * K * C * S$ Ec.12

- $V = C_s * W$ Ec.13

En la tabla 11 se muestra los diferentes significados de los parámetros para calcular la cortante basal según CEC-79.

Tabla 11. Parámetros para calcular la cortante basal según el CEC-79.

Parámetros	Significado
I	Es el factor de importación de ocupación
K	Factor de fuerza horizontal "K" para edificios u otras estructuras.
C	Coeficiente numérico.

Parámetros	Significado
S	Coeficiente número de resonancia entre la estructura y el sitio
W	Es la carga muerta total más el 25% de la carga viva del piso.

Fuente: CEC-79

3.2.1.2 Factor de Importancia

De acuerdo con el CEC-79 se determina en la siguiente tabla 12 los valores de factor de Importancia.

Tabla 12. Factor de Importancia según el CEC-79.

Tipo de ocupación	I
Servicios esenciales	1,5
Cualquier edificio donde la ocupación principal sea para reuniones de más de 300 personas (en una habitación)	1,25
Todas las demás.	1

Fuente: CEC-79

3.2.1.3 Factor de fuerza horizontal “K” para edificios u otras estructuras.

En la tabla 13 se determina los valores de factor de fuerza horizontal, de acuerdo con el CEC-79.

Tabla 13. Valor K CEC-79.

Tipo o disposición de los elementos resistentes	Valor de K
Todos los sistemas aporticados de edificios, excepto aquellos que se clasifican a continuación.	1
Edificios con un sistema de caja.	1,33
Edificios con un doble sistema de arriostramiento que consiste en un pórtico espacial dúctil resistente a flexión y muros a corte o pórticos arriostrados, analizados para los tres criterios siguientes:	
(1) Los pórticos y los muros a corte o pórticos arriostrados deben resistir la fuerza lateral total en proporción a sus rigideces relativas, considerando la interacción entre los muros a corte y los pórticos.	
(2) Los muros a corte o pórticos arriostrados, que actúan independientemente del pórtico espacial dúctil resistente a flexión deben resistir la fuerza lateral total requerida.	0,8
(3) El pórtico espacial dúctil resistente a flexión debe tener la capacidad para resistir por lo menos el 25% de la fuerza lateral requerida.	
Edificios con un pórtico espacial dúctil resistente a flexión diseñado de acuerdo con el siguiente criterio: el pórtico espacial dúctil resistente a flexión debe tener la capacidad para resistir de la fuerza lateral total requerida.	0,67
Tanques elevados, mas todo el contenido, apoyados en cuatro o más pilares arriostrados en cruz y no soportados por un edificio. (1), (2), (3), (4).	2,5
Estructuras que no sean edificios.	2

Fuente: CEC-79

3.2.1.4 Coeficiente numérico (C)

Se determina el coeficiente numérico con la siguiente Ec.14:

$$\bullet C = \frac{1}{15\sqrt{T}} \quad \text{Ec. 14}$$

Se considera que el valor de C no debe ser mayor a 0,12.

3.2.1.5 Periodo elástico fundamental de vibración de la estructura.

Para determinar el periodo elástico de vibración de la estructura se utiliza la siguiente ecuación:

$$\bullet T = \frac{0,09h_n}{\sqrt{D}} \quad \text{Ec.15}$$

En la Ec.15 se observa los parámetros que son: la altura máxima de la estructura, y la dimensión de la estructura, en dirección paralela a las fuerzas aplicadas. (CEC, 1979).

3.2.1.6 Coeficiente numérico de resonancia entre la estructura y el sitio (S)

Al calcular el coeficiente numérico de resonancia entre la estructura y el sitio, se necesita el periodo característico de sitio (Ts). El CEC-79 menciona que cuando no se conoce el valor de S, es igual a 1,5.

3.2.2 Código Ecuatoriano de la Construcción -2002 (CEC-02)

3.2.2.1 Zonas sísmicas y factor de zona z

El CEC-02 determina que “El mapa de zonas sísmicas para propósitos de diseño incluido en el presente código proviene de un estudio completo que considera fundamentalmente los resultados de los estudios de peligro sísmico del Ecuador.” (CEC, 2002, pág. 4)

En la ilustración 31 se muestra las zonificaciones sísmicas del Ecuador y el factor de zona.

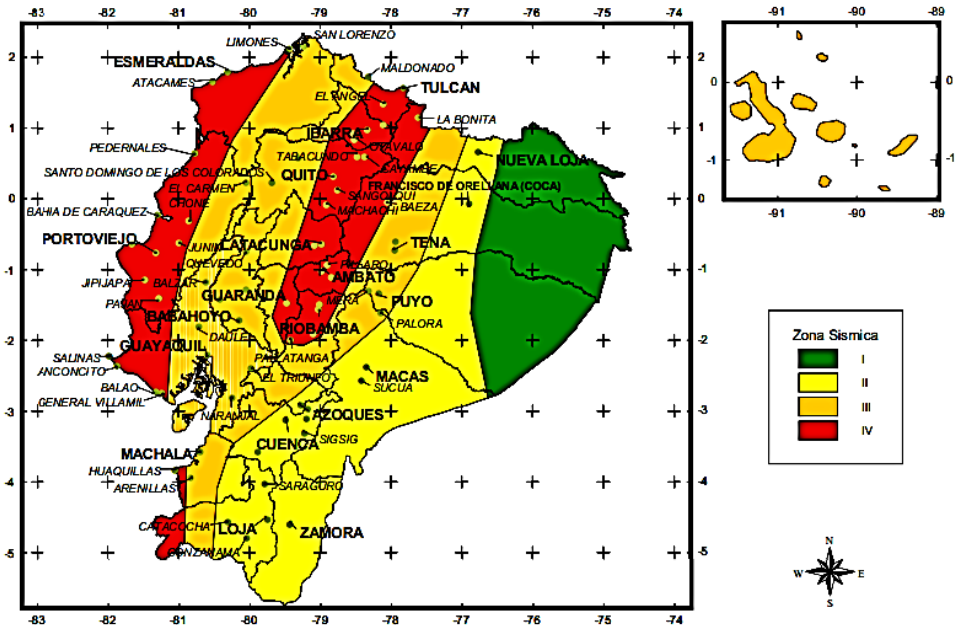


Ilustración 31 Zonas sísmica del Ecuador CEC-02.

(Fuente: CEC-02)

3.2.2.2 Geología local y perfiles de suelo. Coeficiente S y Cm

El factor de suelo (S) tiene como definición una forma de simplificación de los distintos tipos de suelo. De acuerdo con el CEC-02 existen 4 tipos de suelos que se muestran en la tabla 14.

Tabla 14. Factor de suelo (S) y Cm según el CEC-02.

Perfil tipo	Descripción	S	Cm
S1	Roca o suelo firme	1.0	2.5
S2	Suelos intermedios	1.2	3.0
S3	Suelos blandos y estrato profundo	1.5	2.8
S4	Condiciones especiales de suelo	2.0	2.5

3.2.2.3 Periodo de vibración

El CEC-02 establece que, para estructuras de edificación, el valor de T puede determinarse de manera aproximada mediante la siguiente ecuación:

- $T = C t (h_n)^{\frac{3}{4}}$

Ec.16

Donde:

- h_n = Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura.
- $C_t = 0,09$ para pórticos de acero.
- $C_t = 0,08$ para pórticos espaciales de hormigón armado.
- $C_t = 0,06$ para pórticos espaciales de hormigón armado con muros estructurales y para otras estructuras.

3.2.2.4 Espectro Sísmico elástico de diseño

De acuerdo con el CEC-02 el espectro sísmico elásticos de diseño se obtiene como se muestra en la ilustración 32.

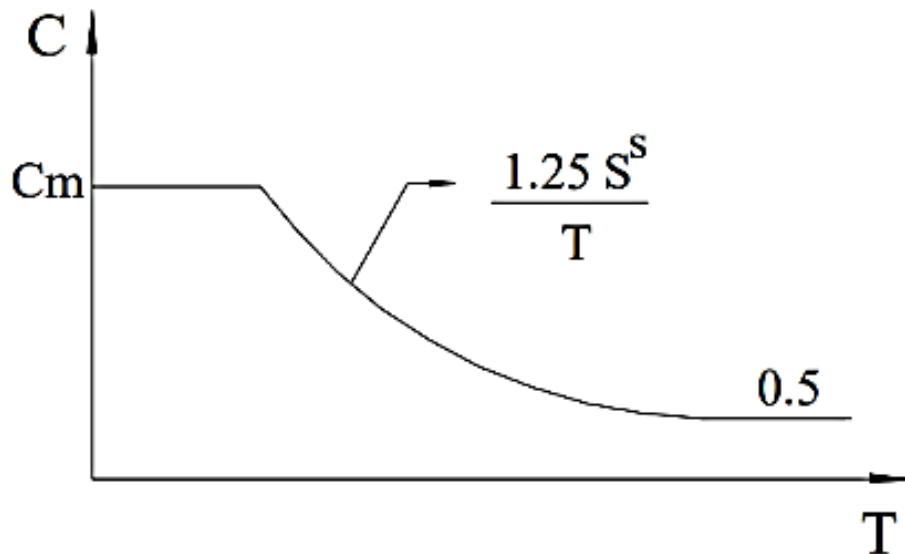


Ilustración 32. Espectro de diseño sísmico.

(Fuente: CEC-02)

3.2.2.5 Factor de Importancia

Se escoge el factor de importancia de acuerdo con el tipo de estructura que se requiera diseñar.

Tabla 15. Factor de importancia según el CEC-02

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Factor
1. Edificaciones esenciales y/o peligrosas	Hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación, transmisión y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1,5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1,3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1,0

3.2.2.6 Cortante basal

Para calcular la cortante basal de diseño de la estructura, se emplean las ecuaciones 17, 18 y 19.

$$\bullet \quad C_S = \frac{Z * I * C}{R * \Phi_P * \Phi_E} \quad \text{Ec.17}$$

$$\bullet \quad V = C_S * W \quad \text{Ec.18}$$

$$\bullet \quad C = 1.25 * \frac{S^S}{T} \quad \text{Ec.19}$$

Donde:

C = No debe exceder del valor de Cm, no debe ser menor a 0,5 y puede utilizarse para cualquier estructura,

R = Factor de reducción de respuesta estructural

Φ_P , Φ_E = Coeficientes de configuración estructural en planta y en elevación, respectivamente.

3.2.2.7 Coeficiente de configuración estructural en planta y elevación CEC-02

Para definir tanto los coeficientes estructurales el CEC-02 informa que:

El código incorpora factores penalizantes al diseño de estructuras irregulares, tanto en planta como en elevación, debido a que la presencia de dichas irregularidades usualmente causa problemas en las estructuras ante la ocurrencia de un sismo. (CEC, 2002, pág. 6).

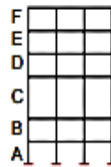
IRREGULARIDADES EN ELEVACION

Tipo 1 - Piso flexible - $\phi_{E_i} = 0.9$

Rigidez $K_c < 0.70$ Rigidez K_D

δ

Rigidez $K_c < 0.80 \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}$

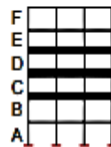


Tipo 2 - Distribución de masas - $\phi_{E_i} = 0.9$

$m_D > 1.50 m_E$

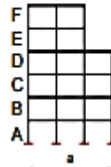
δ

$m_D > 1.50 m_C$



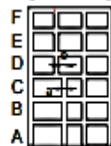
Tipo 3 - Irregularidad Geométrica - $\phi_{E_i} = 0.9$

$a > 1.30 b$



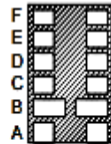
Tipo 4 - Desalineamientos en ejes verticales - $\phi_{E_i} = 0.8$

$b > a$



Tipo 5 - Piso débil - $\phi_{E_i} = 0.8$

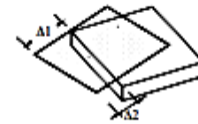
Resistencia Piso B < 0.70 Resistencia Piso C



IRREGULARIDADES EN PLANTA

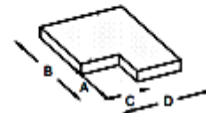
Tipo 1 - Irregularidad torsional - $\phi_{P_i} = 0.9$

$$\Delta > 1.2 \frac{(\Delta 1 + \Delta 2)}{2}$$

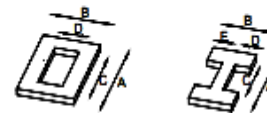


Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas - $\phi_{P_i} = 0.9$

$$A > 0.15B \text{ y } C > 0.15D$$



Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso - $\phi_{P_i} = 0.9$



$$1) C \times D > 0.5A \times B$$

$$2) (C \times D + C \times E) > 0.5A \times B$$

Tipo 4 - Desplazamiento de los planos de Acción - $\phi_{P_i} = 0.8$
de elementos verticales



Tipo 5 - Ejes estructurales no paralelos - $\phi_{P_i} = 0.9$

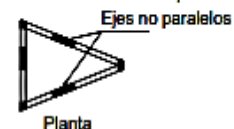


Ilustración 33. Coeficiente de configuración estructural en planta y elevación.

(Fuente: CEC-02)

3.2.2.8 Factor de Reducción sísmico R

Para la definición del factor de reducción de resistencia R, se tomaron como criterios, tanto las recomendaciones de los códigos UBC-94 y UBC-97, como otros propios, que incluyen aspectos de agrupamiento de estructuración, diferencias entre realidades constructivas y de calidad entre los materiales y la construcción en los Estados Unidos y el Ecuador. (CEC, 2002, pág. 6).

Tabla 16. Factor de Reducción CEC-02.

Sistema estructural	R
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas o de acero laminado en caliente, con muros estructurales de hormigón armado(sistemas duales).	12
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas o de acero laminado en caliente.	10
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas banda y muros estructurales de hormigón armado(sistemas duales).	10
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y diagonales rigidizadoras.*	10
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes de hormigón armado con vigas banda y diagonales rigidizadoras.*	9
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes de hormigón armado con vigas banda.	8
Estructuras de acero con elementos armados de placas o con elementos de acero conformados en frío. Estructuras de aluminio.	7
Estructuras de madera	7
Estructura de mampostería reforzada o confinada	5
Estructuras con muros portantes de tierra reforzada o confinada	3

3.2.3 Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 (NEC-11)

3.2.3.1 Determinación de la zonificación sísmica y factor z

De acuerdo con la NEC-11, se debe determinar el valor z dependiendo de la ubicación de la estructura, tanto que el valor z corresponde a la aceleración máxima en roca. Para poder realizar el diseño sísmico, se conoce que dicho valor está expresado como fracción de la aceleración de la gravedad. En la ilustración 34 se muestra los seis tipos de zonas sísmicas que tiene el Ecuador. Las zonas sísmicas son:

- Z= 0.15
- Z= 0.25
- Z= 0.30
- Z= 0.35
- Z= 0.40

- $Z \geq 0.50$

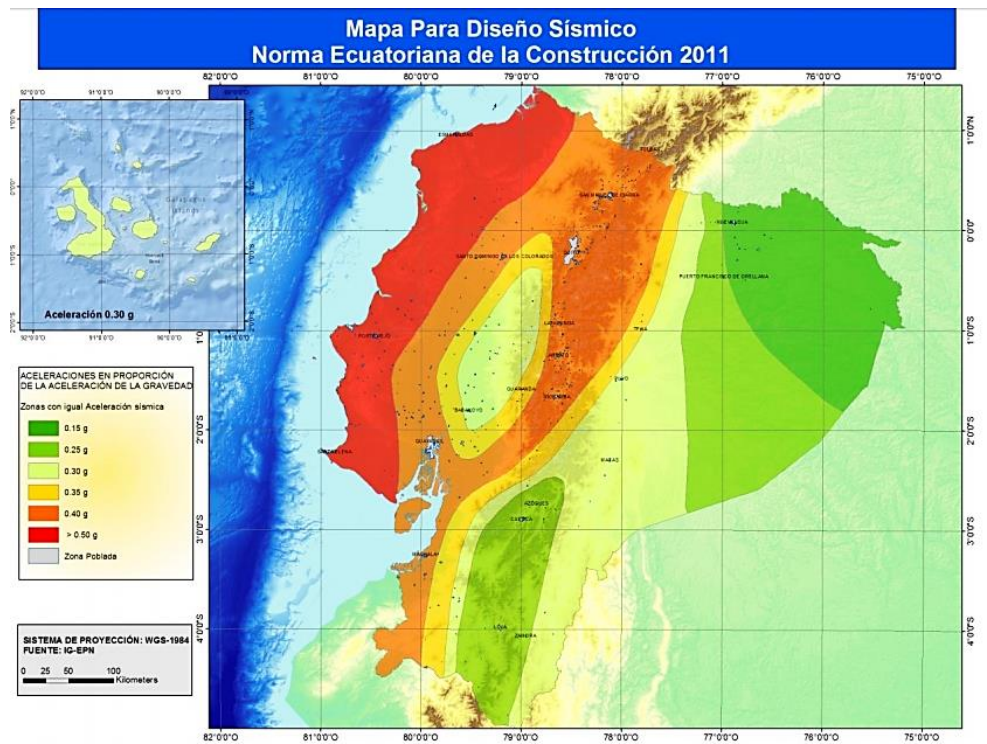


Ilustración 34. Mapa de zonas sísmicas del Ecuador y valor z.NEC-11.

(Fuente: NEC-11)

3.2.3.2 Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico

La NEC-11 da a conocer que existen 6 tipos de perfiles de suelo que se clasifican en A, B, C, D, E y F. La norma establece que se debe realizar ensayos por lo menos a 30 m de profundidad para los suelos tipo A, B, C, D y E, mientras que para el suelo tipo F se debe aplicar otros razonamientos. (NEC, 2011, pág. 29).

Tabla 17. Clasificación de los perfiles de suelo según la NEC-11.

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

Tipo de perfil	Descripción	Definición
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100 \text{ KPa}$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180 \text{ m/s}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50 \text{ kPa}$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1 —Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2 —Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H >3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3 —Arcillas de muy alta plasticidad (H >7.5 m con índice de Plasticidad IP >75)	
	F4 —Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H >30m)	
	F5 —Suelos con contrastes de impedancia o ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6 —Rellenos colocados sin control ingenieril.	

3.2.3.3 Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs

Después de conocer el respectivo factor de valor z y el tipo de suelo se procede a seleccionar los coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs.

La NEC-11 establece lo siguiente “Fa. - Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto”. (NEC, 2011, pág. 31).

Tabla 18. Factor de sitio Fa NEC -11.

Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.5	1.39	1.26	1.14	0.97
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.6.4					

“Fd. - Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca”. (NEC, 2011, pág. 31).

Tabla 19. Factor de desplazamiento para diseño en roca Nec-11.

Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.6	1.5	1.4	1.35	1.3	1.25
D	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

“Fs.- Comportamiento no lineal de los suelos”. (NEC, 2011, pág. 32).

Tabla 20. Factor de comportamiento no lineal de los suelos. NEC-11.

Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	1	1.1	1.2	1.25	1.3	1.45
D	1.2	1.25	1.3	1.4	1.5	1.65
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

3.2.3.4 Espectro de diseño elástico de aceleraciones según la NEC-11

Para determinar el espectro de diseño elástico de aceleración S_a , se necesita conocer el factor de zona sísmica, el tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura y la consideración de los valores de los coeficientes de amplificación de suelo F_a , F_d y F_s . (NEC, 2011, pág. 32).

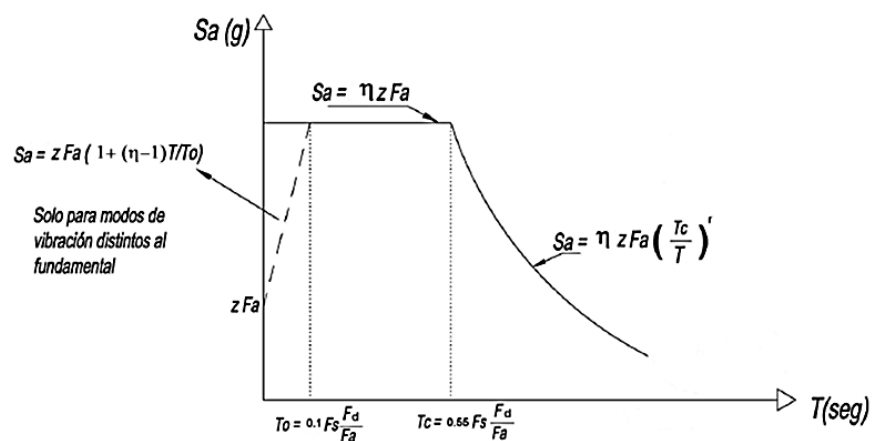


Ilustración 35. Espectro de diseño elástico NEC-11.

(Fuente: NEC-11)

Tabla 21. Parámetros de cálculo de espectro de diseño elástico sísmico.

Parámetros	Significado
η	Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado. Se basan de acuerdo con la región del Ecuador donde esta ubica la estructura: <ul style="list-style-type: none"> • $\eta = 1.80$: Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas), • $\eta = 2.48$: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos • $\eta = 2.60$: Provincias del Oriente
F_a	Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
F_d	Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
F_s	Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.
S_a	Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del período o modo de vibración de la estructura
T	Período fundamental de vibración de la estructura
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
r	Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto. $r = 1$ para tipo de suelo A, B o C $r = 1.5$ para tipo de suelo D o E

Fuente: NEC-11

Para el cálculo del espectro de diseño sísmico de aceleración se va a utilizar las mismas ecuaciones 1,2,3,4, 5 y 6 de la NEC-15 y se usa el mismo formato para su construcción espectral.

3.2.3.5 Cortante Basal

La Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 comenta que “el cortante basal total de diseño V , a nivel de cargas ultimas, aplicado a una estructura en dirección especificada” (NEC, 2011, pág. 64)., se determina mediante las siguientes ecuaciones:

- $C_S = \frac{I * S_a(T_a)}{R * \phi_p * \phi_E}$ Ec.20

- $V = (C_S * W)$ Ec. 21

Tabla 22. Parámetros para el cálculo de la cortante basal de diseño.

Parámetros	Significado
$S_a(T_a)$	Espectro de diseño en aceleración
ϕ_P y ϕ_E	Coeficientes de configuración en planta y elevación
I	Coeficiente de importancia
R	Factor de reducción de resistencia sísmica.
V	Cortante basal total de diseño
W	Carga sísmica reactiva
T	Periodo de vibración

Fuente: NEC-11

3.2.3.6 Coeficientes de configuración en planta y elevación

Los coeficientes de configuración en planta y elevación dependen del tipo de estructura que se requiere diseñar, por lo tanto, la NEC-11 determina el valor correspondiente a cada una de las características de la estructura. En las siguientes ilustraciones 36,37,38 y 39 se muestra los respectivos valores de coeficientes en planta y elevación.

CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN $\phi_e=1$		CONFIGURACIÓN EN PLANTA $\phi_p=1$	
La altura de entrepiso y la configuración vertical de sistemas aporticados, es constante en todos los niveles. $\phi_e=1$		La configuración en planta ideal en un sistema estructural es cuando el Centro de Rigidez es semejante al Centro de Masa. $\phi_p=1$	
La dimensión del muro permanece constante a lo largo de su altura o varía de forma proporcional. $\phi_e=1$			

Ilustración 36 Coeficientes de configuración recomendados igual a 1 en planta y elevación.

(Fuente: NEC-11)

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

Ilustración 37 Coeficientes de configuración igual a 0.9 en planta y elevación.

(Fuente: NEC-11)

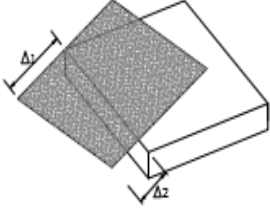
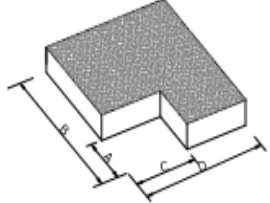
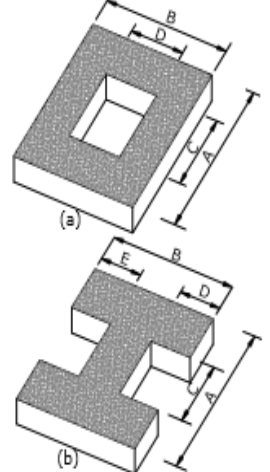
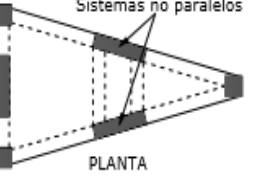
IRREGULARIDAD PENALIZADA EN PLANTA	
<p>Tipo 1 - Irregularidad torsional $\phi_p=0.9$ $\Delta > 1.2 \frac{(\Delta_1 + \Delta_2)}{2}$</p> <p>Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p>	
<p>Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas $\phi_p=0.9$ $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$</p> <p>La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	
<p>Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso $\phi_p=0.9$ a) $C \times D > 0.5A \times B$ b) $[C \times D + C \times E] > 0.5A \times B$</p> <p>La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	
<p>Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos $\phi_p=0.9$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Ilustración 38. Coeficientes de irregularidad en planta.

(Fuente: (NEC, 2011))

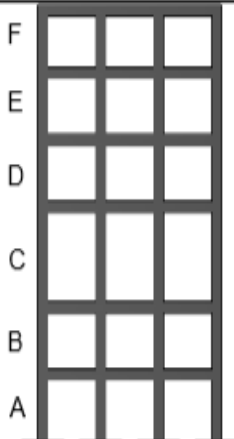
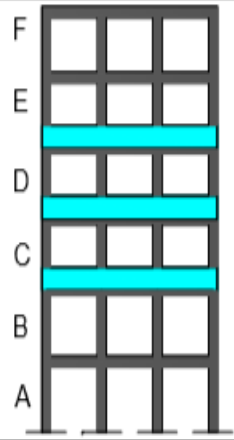
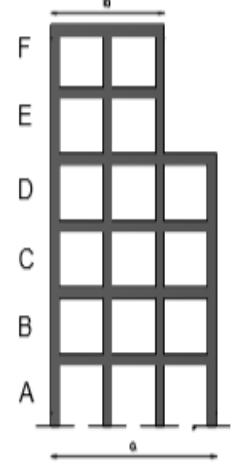
IRREGULARIDAD PENALIZADA EN ELEVACIÓN	
<p>Tipo 1 - Piso flexible $\varphi_{ei}=0.9$ Rigidez $K_c < 0.70$ Rigidez K_D $Rigidez < 0.80 \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior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

Ilustración 39 Coeficientes de irregularidad en elevación.

(Fuente: (NEC, 2011))

3.2.3.7 Coeficiente de Importancia

La NEC-11 comenta que el propósito del coeficiente de Importancia (I) es: "incrementar la demanda sísmica de diseño para estructuras, que por sus características de utilización o de importancia deben permanecer operativas o sufrir menores daños durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño" (NEC, 2011, pág. 41).

Tabla 23. Coeficiente de Importancia.

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

3.2.3.8 Factor de reducción de la respuesta sísmica

Se determina dos tipos de sistemas estructurales, los: sistemas estructurales dúctiles y sistemas estructurales de ductilidad limitada.

En la tabla 24 se establece el valor de factor de reducción correspondiente al sistema estructural del edificio.

Tabla 24 Factor de reducción de la respuesta.

Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales Dúctiles		R
Sistemas Duales		
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras, sean de hormigón o acero laminado en caliente.		7

Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Pórticos de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	7
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	7
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	6
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	6
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	6
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	6
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5
Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada	
Pórticos resistentes a momento	
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HA limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 4 metros.	3
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	3
Muros estructurales portantes	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso.	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos.	3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.	3

3.2.3.9 Carga sísmica reactiva

La NEC-11 indica que la carga sísmica (W) debe ser igual a la carga muerta total que tiene la estructura más el 25% de la carga viva del piso.

En el caso que se tenga una estructura como bodegas o almacenes la carga sísmica reactiva es igual a la carga muerta más el 50% de la carga viva de piso.

3.2.3.10 Periodo de Vibración

Para calcular el periodo de vibración se utiliza la Ec. 7, donde los coeficientes C_t y α cambian de acuerdo con el tipo de estructura. En la tabla 25 se muestra los valores de cada uno de los coeficientes de acuerdo con el tipo de estructura.

Tabla 25. Coeficientes para calcular el periodo de vibración.

Tipo de estructura	C_t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.047	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.049	0.75

Alternativamente, para estructuras con muros estructurales de hormigón armado o mampostería estructural (con $\alpha = 1$):

3.2.4 Factor de reducción sísmico efectivo (Refectivo)

Una vez analizados tanto los espectros de aceleración de respuesta y el espectro de aceleración de diseño de la estructura, se procede a determinar el factor de reducción efectivo por la cual se generó por el sismo del 16 de abril del 2016.

Para obtener el factor de reducción efectivo se lo determina con la siguiente Ec.22:

$$R_{\text{efectivo}} = \left(\frac{\text{Sa respuesta elástico del periodo de vibración de la estructura}}{C_s \text{ de diseño}} \right) \text{ Ec.22}$$

CAPITULO IV

4 Memoria de cálculo

4.1 Determinación de la aceleración en roca Z de acuerdo con el registro sísmico del 16 de abril del 2016 en Portoviejo

En base a los datos del Instituto Geofísico de Escuela Politécnica Nacional (IGN), en el informe N.- 18, se determina que para la ciudad de Portoviejo se presentó el registro sísmico de aceleración en la estación en un suelo TIPO D con un valor de $Fa * Z = 0.38 g$.

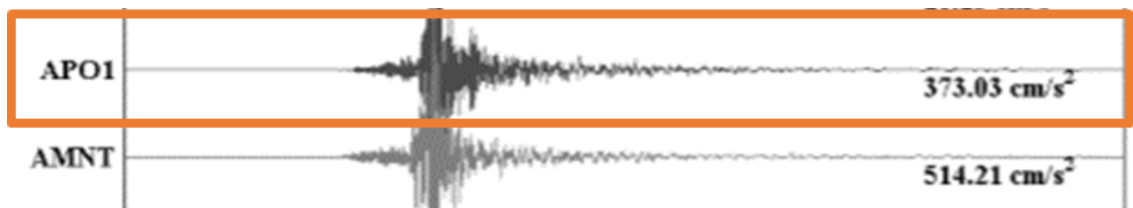


Ilustración 40.Registro de aceleración en la estación en la ciudad de Portoviejo.

(Fuente: Instituto Geofísico de Escuela Politécnica Nacional)

Una vez obtenido el registro sísmico de aceleración, se asume inicialmente $Z=0,35$ para suelo TIPO D, se escoge el coeficiente de ampliación del suelo, en el Capítulo III en la tabla 4, $Fa= 1,25$.

$$Fa * z = 0,38 g$$

$$Z = \left(\frac{0.38}{1.25} \right) = 0,304 g$$

Se obtuvo una zonificación de 0.304, se asume un $Z= 0,3 g$ para suelo TIPO D, con $Fa=1,30$.

$$Fa * z = 0,38 g$$

$$Z = \left(\frac{0.38}{1.30} \right) = 0,292 g \approx 0,30 g$$

Se determinó que la aceleración en roca en Portoviejo durante el sismo tuvo un valor aproximado de 0,30 g.

4.2 Cálculos de los edificios

4.2.1 Tipos de suelo

Con la colaboración del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, que proporcionó informes técnicos, se obtuvo el tipo de suelo para dos estructuras que son: Edificio Multifamiliares Los Olivos y Edificio de la Senagua.

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Portoviejo facilitó el estudio de microzonificación de área urbana de Portoviejo y sus cabeceras parroquiales rurales y así se pudo determinar el tipo de suelo donde estaban ubicadas las estructuras. En la ilustración 41, se muestra el mapa de microzonas sísmicas de dicho estudio.

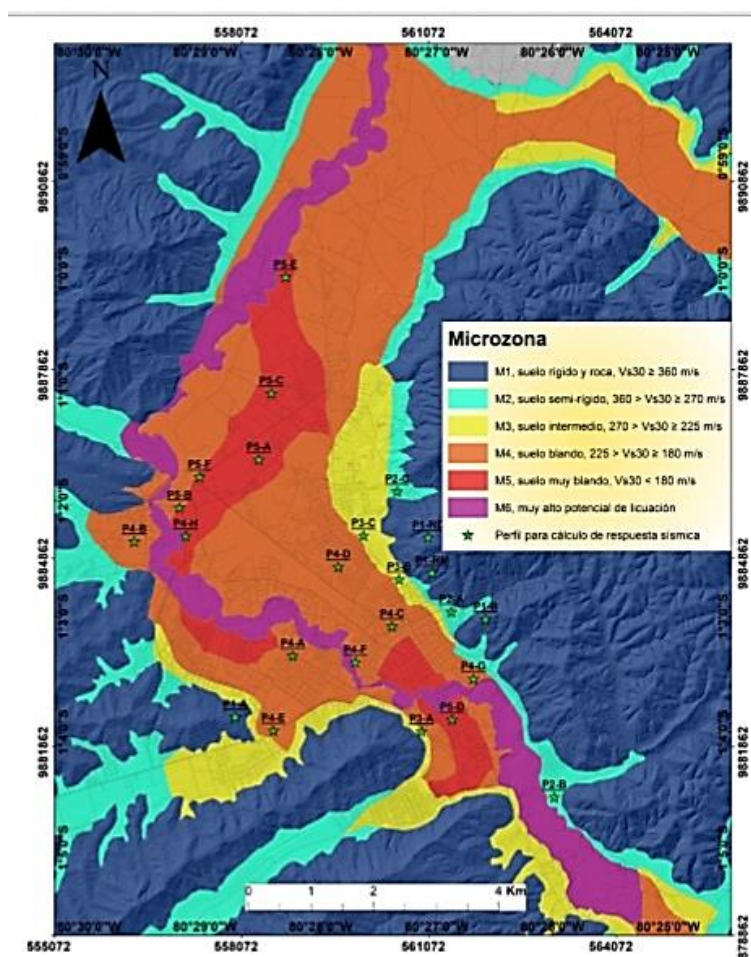


Ilustración 41 Mapa de microzonas sísmicas en Portoviejo.
(Fuente: (GAD, 2017))

En la tabla 26 se muestra el tipo de suelo de cada una de las estructuras a analizar.

Tabla 26. Tipo de suelo de las estructuras.

ESTRUCTURAS	TIPO DE SUELO
Edificio Álava	E
Cafetería Jean Pierre	D
Centro Comercial Municipal	E
Clínica Santa Margarita	E
Jefatura Cuerpos de Bomberos	E
Edificio Multifamiliares Los Olivos	D
Edificio Senagua	E

Fuente: Autora

4.2.2 Espectro de respuesta de aceleración según NEC-15

De acuerdo con la tabla 26 se define que tanto la Cafetería Jean Pierre como los Edificios Multifamiliares de Los Olivos tienen suelo TIPO D. Mientras que el Edificio Álava, Centro Comercial Municipal, Clínica Santa Margarita, Jefatura Cuerpo de Bomberos y Edificio de la Senagua tienen suelo TIPO E.

4.2.2.1 Suelo Tipo D

Por lo tanto, conociendo el tipo de suelo y el valor de Z se procede a seleccionar los coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd, Fs; que se encuentran en las tablas 4, 5 y 6 del Capítulo III.

Tabla 27. Coeficiente de perfiles de suelo Fa, Fd, y Fs para suelo tipo D.

ZONA SÍSMICA Z=0,3			
Tipo de suelo	Fa	Fd	Fs
D	1,3	1,36	1,11

Fuente: Autora

Después de obtener los respectivos coeficientes de perfil de suelos, se procede a generar el espectro de respuesta de aceleración del sismo de acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015.

Para establecer el espectro de respuesta se obtiene los periodos T_0 , T_c y T_L con las ecuaciones 5,6 y 10.

Tabla 28. Periodo límite de vibración para suelo tipo D.

Tipo de suelo	T_0	T_c	T_L
D	0,12	0,64	3,26

Fuente: Autora

Una vez, conociendo los coeficientes de perfil de suelo, los periodos límites de vibración y $\eta=1.8$, se procede a obtener el espectro de respuesta elástico de aceleración para el sismo del 16 de abril en Portoviejo en suelo tipo D.

Tabla 29. Cálculo de espectro de respuesta

T (seg)	S_a elástico
0,00	0,39
0,12	0,70
0,47	0,70
0,64	0,70
0,84	0,53
1,04	0,43
1,24	0,36
1,44	0,31
1,64	0,27
1,84	0,24
2,04	0,22
2,24	0,20
2,44	0,18
2,64	0,17
2,84	0,16
3,04	0,15
3,26	0,14
3,44	0,13
3,64	0,12
4,00	0,11

Fuente: Autora

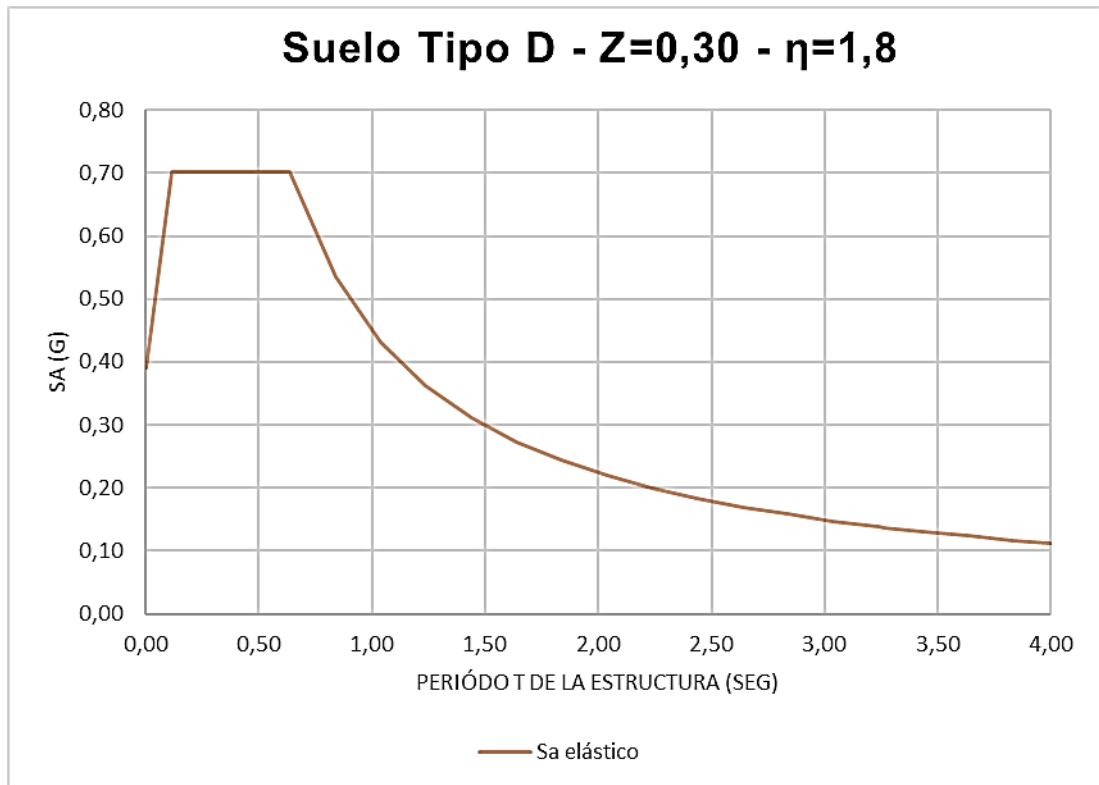


Ilustración 42 Espectro de respuesta elástica de aceleración suelo tipo D para el sismo 16 de abril del 2016 en Portoviejo.

4.2.2.2 Suelo Tipo E.

Conociendo el tipo de suelo y el valor de Z se procede a seleccionar los coeficientes de perfil de suelo F_a , F_d , F_s ; que se encuentran en las tablas 4, 5 y 6 del Capítulo III.

Tabla 30. Coeficiente de perfiles de suelo F_a , F_d , y F_s para suelo tipo E.

ZONA SÍSMICA Z=0,3			
Tipo de suelo	F_a	F_d	F_s
E	1,25	1,7	1,7

Fuente: Autora

Después de determinar los respectivos coeficientes de perfil de suelos, se procede a generar el espectro de respuesta de aceleración del sismo de acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015.

Para determinar el espectro de respuesta se obtienen los periodos T_0 , T_c y T_L con la Ec. 5,6 y 10.

Tabla 31. Período límite de vibración para suelo tipo E.

Tipo de suelo	T_0	T_c	T_L
E	0,23	1,27	4,08

Fuente: Autora

Conocidos los coeficientes de perfil de suelo, los periodos límites de vibración y $\eta=1.8$, se procede a obtener el espectro de respuesta elástico de aceleración para el sismo del 16 de abril en Portoviejo en suelo tipo E.

Tabla 32. Cálculo de espectro de respuesta.

T (seg)	Sa elástico
0,00	0,38
0,23	0,68
1,07	0,68
1,27	0,68
1,47	0,58
1,67	0,51
1,87	0,46
2,07	0,41
2,47	0,35
2,67	0,32
2,87	0,30
3,07	0,28
3,47	0,25
3,67	0,23
4,00	0,21
4,08	0,21

Fuente: Autora

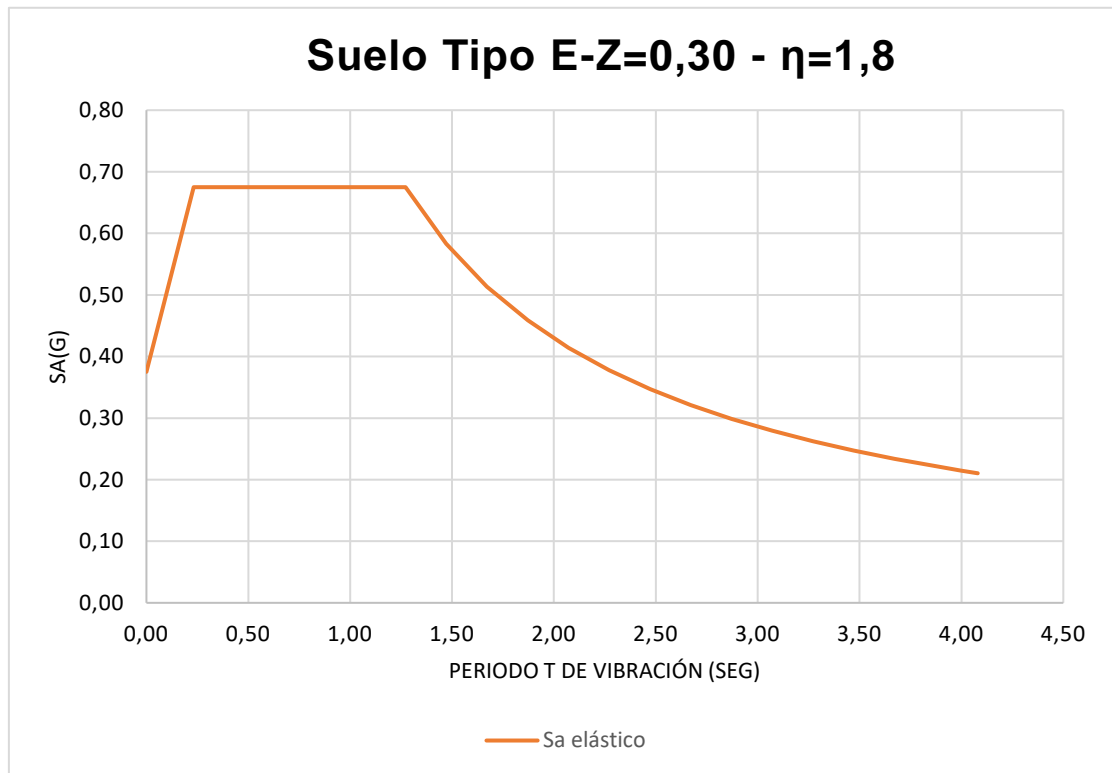


Ilustración 43 Espectro de respuesta elástica de aceleración suelo tipo E para el sismo 16 de abril del 2016 en Portoviejo.

4.2.3 Edificio Álava

4.2.3.1 Periodo de Vibración

Con la Ec.7 se calcula el periodo de vibración, por consiguiente, en la tabla 8 se determina $C_t = 0.055$ y $\alpha = 0.9$ dado que la estructura corresponde a pórticos especiales de hormigón armado y no tiene muros estructurales, ni diagonales rigidizadores.

Tabla 33. Periodo de Vibración.

	DATOS	UNIDAD
α	0,9	-
C_t	0,055	-
ht	27	m
T	1,07	seg

Fuente: Autora

Después de calcular el periodo de vibración, se observa que está entre los periodos límites de vibración $T_0 \leq T \leq T_c$.

Por lo tanto, el valor del espectro de respuesta elástica de aceleración de este edificio en el sismo del 16 de abril de 2016 para suelo tipo E en Portoviejo se calcula como en la Ec.3.

$$S_{a_{TERREMOTO}} = 0.675$$

4.2.3.2 Espectro de desplazamiento elástico de la estructura

Para el cálculo del espectro de desplazamiento, se obtiene el TI según se muestra en la tabla 31.

$$T_L = 4,08 \text{ segundos}$$

Una vez establecido TI, se procede a calcular el desplazamiento elástico de la estructura como $T \leq T_L$, utilizando la Ec.8..

$$S_d = S_a(g) \cdot (T/2\pi)^2$$

$$S_d = 0,675 \times 9,81 \cdot (1,07/2\pi)^2$$

$$S_d = 0,19 \text{ metros}$$

4.2.3.3 Deriva máxima del edificio

La deriva inelástica máxima se calcula con la ecuación 11 que consta en el Capítulo III.

$$\Delta M = \frac{S_d}{H} \times 0,75$$

$$\Delta M = \frac{0,19}{27} \times 0,75$$

$$\Delta M = 0,53\%$$

4.2.3.4 Espectro de diseño según el año de construcción del edificio

4.2.3.4.1 Código Ecuatoriano de la Construcción 1979- (CEC-79)

El edificio Álava fue construido en el año 1979, y para obtener el espectro de diseño de la estructura nos basamos en el CEC-79.

Se procede a calcular el periodo elástico fundamental de vibración de la estructura, como está especificado en la Ec.15. en el Capítulo III.

$$T = \frac{0,09h_n}{\sqrt{D}}$$

$$T = \frac{0,09 \times 27}{\sqrt{52}}$$

$$T = 0,34 \text{ seg}$$

Conociendo el período elástico, se calcula el coeficiente numérico con la Ec.14.

$$C = \frac{1}{15\sqrt{T}}$$

$$C = \frac{1}{15\sqrt{0,34}}$$

$$C = 0,11$$

De acuerdo con CEC-79, el valor numérico de resonancia entre la estructura y el sitio es de 1,5.

El producto de C y S no debe exceder a 0,14.

$$CS \leq 0,14 \therefore CS = 0,11 * 1,5 = 0,17$$

Debido a que CS es mayor se escoge 0,14.

El coeficiente sísmico de diseño se lo obtiene por medio de la Ec.12, donde el factor de importancia es 1 y factor de fuerza horizontal K =1.

$$C_s = I K C S = 1 * 1 * 0.14 = 0.14$$

4.2.3.5 Factor de Reducción efectivo

Con la Ec. 22 se determina el factor de reducción efectivo del edificio durante el sismo:

$$R_{efectivo} = \left(\frac{S_a \text{ respuesta elástico del periodo de vibración de la estructura}}{C_s \text{ de diseño}} \right)$$

$$R_{efectivo} = \left(\frac{0,675}{0,14} \right) = 4.82$$

4.2.4 Cafetería Jean Pierre

4.2.4.1 Periodo de Vibración

Con la Ec.7 se calcula el periodo de vibración, por consiguiente, en la tabla 8 se determina $C_t = 0.055$ y $\alpha = 0.9$ dado que la estructura corresponde a pórticos especiales de hormigón armado y no tiene muros estructurales, ni diagonales rigidizadores.

Tabla 34. Periodo de Vibración.

	DATOS	UNIDAD
α	0,9	-
C_t	0,055	-
ht	13	m
T	0,55	seg

Fuente: Autora

Después de calcular el periodo de vibración, se observa que está entre los periodos límites de vibración $T_o \leq T \leq T_c$.

Por lo tanto, el valor del espectro de respuesta elástica de aceleración de este edificio en el sismo del 16 de abril de 2016 para suelo tipo D en Portoviejo se calcula como en la Ec.3.

$$S_{a_{TERREMOTO}} = 0.702$$

4.2.4.2 Espectro de desplazamiento elástico de la estructura

Para el cálculo del espectro de desplazamiento, se obtiene el TI según se muestra en la tabla 26.

$$T_L = 3,264 \text{ segundos}$$

Una vez establecido TI, se procede a calcular el desplazamiento elástico de la estructura como $T \leq T_L$, utilizando la Ec.8.

$$S_d = S_a(g) \cdot (T/2\pi)^2$$

$$S_d = 0,702 \times 9,81 \cdot (0,55/2\pi)^2$$

$$S_d = 0,053 \text{ metros}$$

4.2.4.3 Deriva máxima del edificio

La deriva inelástica máxima se calcula con la Ec.11. del Capítulo III.

$$\Delta M = \frac{S_d}{H} \times 0,75$$

$$\Delta M = \frac{0,05}{13} \times 0,75$$

$$\Delta M = 0,31\%$$



Ilustración 44 Elementos estructurales presentaron daños no estructurales

(Fuente: GAD Municipal de Portoviejo)



Ilustración 45 Daños no estructurales.

(Fuente: GAD Municipal de Portoviejo)

4.2.4.4 Espectro de diseño según el año de construcción del edificio.

4.2.4.4.1 Código Ecuatoriano de la Construcción 2002- (CEC-02).

La Cafetería Jean Pierre se construyó en el año 2008, por lo tanto, para obtener el espectro de diseño se lo realiza con el CEC-02.

Principalmente se determina la zona sísmica y el valor de z . Dicho valor lo muestra la ilustración 31 que para la ciudad de Portoviejo es $Z=0,4$.

Después se escoge los coeficientes de S y Cm según las características del suelo que para este caso se encuentran en la tabla 14.

- S = 1.5
- Cm = 2.8

Luego, se procede a obtener el periodo de vibración de la estructura, que se calcula con la Ec. 16.

$$T = C t (hn)^{3/4}$$

$$T = 0.08 * 13^{\frac{3}{4}} = 0,55 \text{ seg}$$

Después de obtener el periodo de vibración, se procede a calcular el coeficiente C, pero no puede exceder al valor de Cm ($C \leq C_m$).

Para buscar el coeficiente C se utiliza la Ec.19.

$$C = 1,25 * \frac{S^S}{T}$$

$$C = 1.25 * \frac{1.5^{1.5}}{0.55} = 4,17$$

Por lo tanto, C = 2,8

Para definir el coeficiente sísmico de diseño se conoce el factor de importancia es igual a 1, coeficientes de elevación y planta igual 1, el valor de Z es igual a 0,4, el coeficiente C y el factor de reducción es igual a 10.

Para calcular el coeficiente sísmico, se lo hace con la Ec. 17

$$C_s = \frac{Z * I * C}{R * \emptyset P * \emptyset E}$$

$$C_s = \frac{0.4 * 1 * 2.8}{10 * 1 * 1} = 0,112$$

4.2.4.5 Factor de Reducción efectivo

Con la Ec. 22 se determina el factor de reducción efectivo del edificio durante el sismo:

$$R_{efectivo} = \left(\frac{S_a \text{ respuesta elástico del periodo de vibración de la estructura}}{C_s \text{ de diseño}} \right)$$

$$R_{efectivo} = \left(\frac{0,702}{0,112} \right) = 6.27$$

4.2.5 Centro Comercial Municipal

4.2.5.1 Periodo de Vibración

Con la Ec.7 se calcula el periodo de vibración, por consiguiente, en la tabla 8 se determina $C_t = 0.055$ y $\alpha = 0.9$ dado que la estructura corresponde a pórticos especiales de hormigón armado y no tiene muros estructurales, ni diagonales rigidizadores.

Tabla 35.Periodo de Vibración.

	DATOS	UNIDAD
α	0,9	-
C_t	0,055	-
ht	27	m
T	1,07	seg

Fuente: Autora

Después de calcular el periodo de vibración, se observa que está entre los periodos límites de vibración $T_o \leq T \leq T_c$.

Por lo tanto, el valor del espectro de respuesta elástica de aceleración de este edificio en el sismo del 16 de abril de 2016 para suelo tipo E en Portoviejo se calcula como en la Ec.3.

$$S_{a_{TERREMOTO}} = 0.675$$

4.2.5.2 Espectro de desplazamiento elástico de la estructura

Para el cálculo del espectro de desplazamiento, se obtiene el TI según se muestra en la tabla 31.

$$T_L = 4,08 \text{ segundos}$$

Una vez establecido TI, se procede a calcular el desplazamiento elástico de la estructura como $T \leq T_I$, utilizando la Ec.8.

$$S_d = S_a(g) \cdot (T/2\pi)^2$$

$$S_d = 0,675 \times 9,81 \cdot (1,07/2\pi)^2$$

$$S_d = 0,19 \text{ metros}$$

4.2.5.3 Deriva máxima del edificio

La deriva inelástica máxima se calcula con la ecuación 11 que consta en el Capítulo III.

$$\Delta M = \frac{S_d}{H} \times 0,75$$

$$\Delta M = \frac{0,19}{27} \times 0,75$$

$$\Delta M = 0,53\%$$

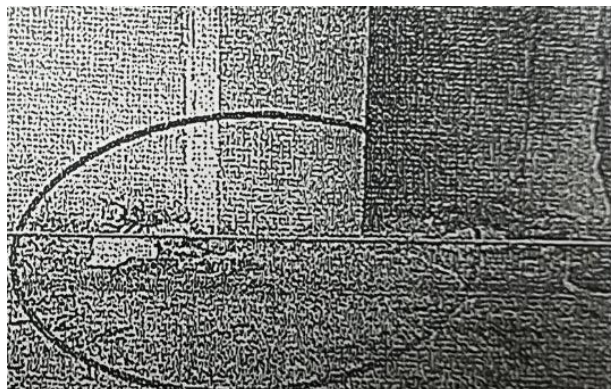


Ilustración 46 Elementos estructurales del edificio.

(Fuente: GAD Municipal de Portoviejo)

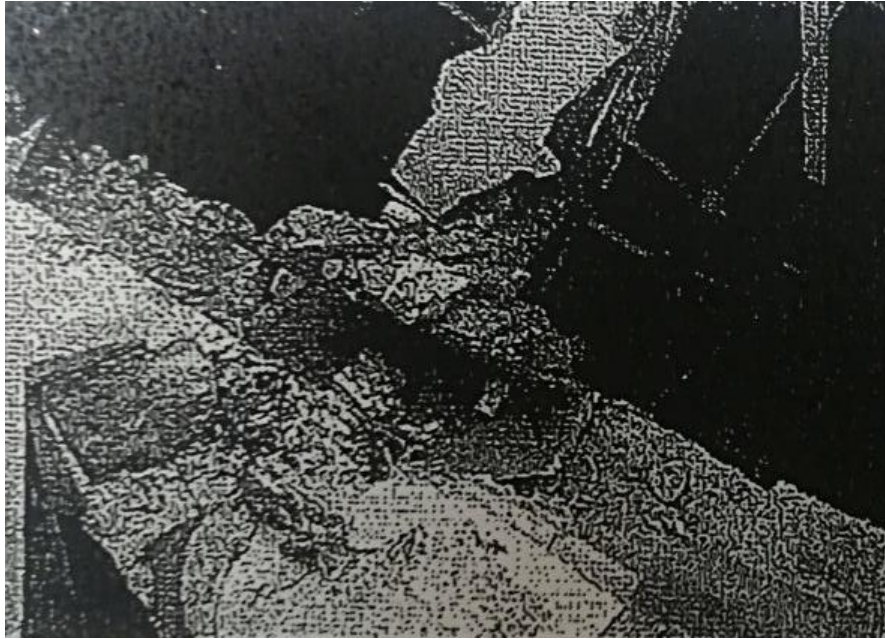


Ilustración 47 Daños en los elementos.

(Fuente: GAD Municipal de Portoviejo)

4.2.5.4 Espectro de diseño según el año de construcción del edificio

4.2.5.4.1 Código Ecuatoriano de la Construcción 1979- (CEC-79)

El Centro Comercial Municipal fue construido en el año 1986, y para obtener el espectro de diseño de la estructura nos basamos en el CEC-79.

Se procede a calcular el periodo elástico fundamental de vibración de la estructura, como está especificado en la Ec.15 en el Capítulo III.

$$T = \frac{0,09h_n}{\sqrt{D}}$$

$$T = \frac{0,09 \times 27}{\sqrt{60}}$$

$$T = 0,31 \text{ seg}$$

Conociendo el período elástico, se calcula el coeficiente numérico con la Ec.14.

$$C = \frac{1}{15\sqrt{T}}$$

$$C = \frac{1}{15\sqrt{0,31}}$$

$$C = 0,12$$

El CEC-79 expresa que el valor numérico de resonancia entre la estructura y el sitio es de 1,5.

El producto de C y S no debe exceder a 0,14.

$$CS \leq 0.14 \therefore CS = 0.12 * 1.5 = 0.18$$

Debido a que CS es mayor se escoge 0,14.

El coeficiente sísmico de diseño se lo obtiene por medio de la Ec.12, donde el factor de importancia es 1 y factor de fuerza horizontal K =1.

$$C_s = I K C S = 1 * 1 * 0.14 = 0.14$$

4.2.5.1 Factor de Reducción efectivo

Con la Ec. 22 se determina el factor de reducción efectivo del edificio durante el sismo:

$$R_{efectivo} = \left(\frac{Sa \text{ respuesta elástico del periodo de vibración de la estructura}}{C_s \text{ de diseño}} \right)$$

$$R_{efectivo} = \left(\frac{0,675}{0,14} \right) = 4.82$$

4.2.6 Clínica Santa Margarita

4.2.6.1 Periodo de Vibración

Con la Ec.7 se calcula el periodo de vibración, por consiguiente, en la tabla 8 se determina $C_t = 0.055$ y $\alpha = 0.9$ dado que la estructura corresponde a pórticos especiales de hormigón armado y no tiene muros estructurales, ni diagonales rigidizadores.

Tabla 36. Periodo de Vibración.

	DATOS	UNIDAD
α	0,9	-
Ct	0,055	-
ht	18	m
T	0,74	seg

Fuente: Autora

Después de calcular el periodo de vibración, se observa que está entre los periodos límites de vibración $T_0 \leq T \leq T_c$.

Por lo tanto, el valor del espectro de respuesta elástica de aceleración de este edificio en el sismo del 16 de abril de 2016 para suelo tipo E en Portoviejo se calcula como en la Ec.3.

$$.S_{a_{TERREMOTO}} = 0.675$$

4.2.6.2 Espectro de desplazamiento elástico de la estructura

Para el cálculo del espectro de desplazamiento, se obtiene el TI según se muestra en la tabla 31.

$$T_L = 4,08 \text{ segundos}$$

Una vez establecido TI, se procede a calcular el desplazamiento elástico de la estructura como $T \leq T_L$, utilizando la Ec.8.

$$.S_d = S_a(g) \cdot \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2$$

$$S_d = 0,675 \times 9,81 \cdot \left(\frac{0,74}{2\pi}\right)^2$$

$$S_d = 0,09 \text{ metros}$$

4.2.6.3 Deriva máxima del edificio

La deriva inelástica máxima se calcula con la ecuación 11 que consta en el Capítulo III.

$$\Delta M = \frac{Sd}{H} \times 0,75$$

$$\Delta M = \frac{0,09}{19} \times 0,75$$

$$\Delta M = 0,38\%$$

4.2.6.4 Espectro de diseño según el año de construcción del edificio

4.2.6.4.1 Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 (NEC-11)

Para la clínica Santa Margarita se va a realizar el respectivo análisis con la norma ecuatoriana de la construcción 2011.

Primero se debe conocer el tipo de suelo y el valor de Z, que para la ciudad de Portoviejo es Z= 0,5. Luego, se procede a seleccionar los coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd, Fs; que se encuentran en las tablas 18, 19 y 20 del Capítulo III.

Tabla 37. Coeficiente de perfil de suelo según la NEC-11.

ZONA SISMICA Z=0,5			
Tipo de suelo	Fa	Fd	Fs
E	0.97	1,5	2

Fuente: Autora

Después, se calcula los periodos de vibración límite con las Ec.5,6 y 10.

Tabla 38. Periodo límites de vibración.

Tipo de suelo	To	Tc	Tl
E	0,31	1,70	3,60

Fuente: Autora

Una vez, conocidos los coeficientes de perfil de suelo, los periodos límites de vibración y $\eta=1.8$, se procede a obtener el espectro de respuesta elástico de aceleración.

Tabla 39. Cálculo de espectro de diseño

T (seg)	Sa elástico
0	0,485
0,31	0,873
0,63	0,873
1,70	0,873
1,90	0,739
2,10	0,636
2,30	0,555
2,50	0,490
2,70	0,436
2,90	0,392
3,10	0,355
3,30	0,323
3,50	0,296
3,70	0,272
3,90	0,251
4,00	0,242

Fuente: Autora

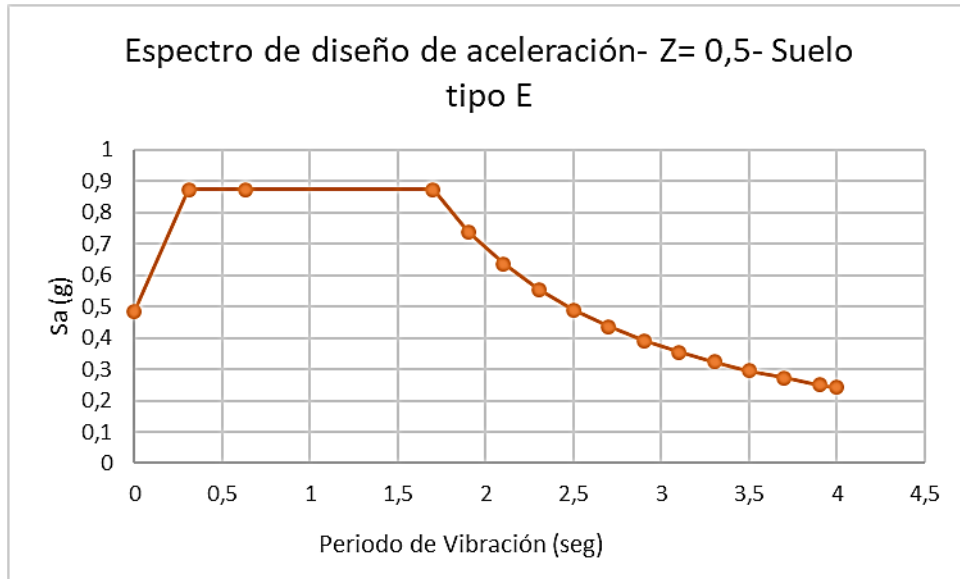


Ilustración 48 Espectro de diseño elástico de aceleración.

Con la ecuación 7 se calcula el periodo de vibración, por consiguiente, en la tabla 25 se determina $C_t = 0.047$ y $\alpha = 0.9$ dado que la estructura corresponde a pórticos especiales de hormigón armado y no tiene muros estructurales, ni diagonales rigidizadores.

Tabla 40. Periodo de Vibración.

	DATOS	UNIDAD
α	0,9	-
C_t	0,047	-
ht	18	m
T	0,63	seg

Fuente: Autora

Después de calcular el periodo de vibración, se observa que está entre los periodos límites de vibración $T_o \leq T \leq T_c$.

El valor del espectro de diseño elástico de aceleración para suelo tipo E en Portoviejo, se calcula con la Ec.3.

$$S a_{DISEÑO} = 0.873$$

Una vez conocido el valor del espectro de diseño elástico de aceleración y demás parámetros que son:

- Factor de importancia = 1.5
- Factor de Reducción = 5
- Coeficiente en planta y elevación =1

Se procede a calcular el coeficiente sísmico C_s con la Ec.20

$$C_s = \frac{I * S a(T a)}{R * \phi_p * \phi_E}$$

$$C_s = \frac{1.5 * 0.873}{5 * 1 * 1} = 0.26$$

4.2.6.5 Factor de Reducción efectivo

Con la Ec. 22 se determina el factor de reducción efectivo del edificio durante el sismo:

$$R_{efectivo} = \left(\frac{S a_{respuesta\ elástico\ del\ periodo\ de\ vibración\ de\ la\ estructura}}{C_s\ de\ diseño} \right)$$

$$R_{efectivo} = \left(\frac{0,675}{0,26} \right) = 2.58$$

4.2.7 Jefatura Cuerpo de Bomberos.

4.2.7.1 Periodo de Vibración.

Con la Ec.7 se calcula el periodo de vibración, por consiguiente, en la tabla 8 se determina $C_t = 0.055$ y $\alpha = 0.9$ dado que la estructura corresponde a pórticos especiales de hormigón armado y no tiene muros estructurales, ni diagonales rigidizadores.

Tabla 41. Periodo de Vibración.

	DATOS	UNIDAD
α	0,9	-
Ct	0,055	-
ht	8.5	m
T	0,38	seg

Fuente: Autora

Después de calcular el periodo de vibración, se observa que está entre los periodos límites de vibración $T_o \leq T \leq T_c$.

Por lo tanto, el valor del espectro de respuesta elástica de aceleración de este edificio en el sismo del 16 de abril de 2016 para suelo tipo E en Portoviejo se calcula como en la Ec.3.

$$S_{a_{TERREMOTO}} = 0.675$$

4.2.7.2 Espectro de desplazamiento elástico de la estructura

Para el cálculo del espectro de desplazamiento, se obtiene el TI según se muestra en la tabla 31.

$$T_L = 4,08 \text{ segundos}$$

Una vez establecido TI, se procede a calcular el desplazamiento elástico de la estructura como $T \leq T_L$, utilizando la Ec.8.

$$S_d = S_a(g) \cdot (T/2\pi)^2$$

$$S_d = 0,675 \times 9,81 \cdot (0,38/2\pi)^2$$

$$S_d = 0,024 \text{ metros}$$

4.2.7.3 Deriva máxima del edificio

La deriva inelástica máxima se calcula con la ecuación 11 que consta en el Capítulo III.

$$\Delta M = \frac{Sd}{H} \times 0,75$$

$$\Delta M = \frac{0,024}{8.5} \times 0,75$$

$$\Delta M = 0,21\%$$



Ilustración 49 Daños no estructurales en la Jefatura de Cuerpos de Bomberos en Portoviejo.

(Fuente: Ing. Alex Villacrés y Jefatura de Cuerpo de Bomberos)

4.2.7.4 Espectro de diseño según el año de construcción del edificio

4.2.7.4.1 Código Ecuatoriano de la Construcción 1979- (CEC-79)

La Jefatura del Cuerpo de Bomberos fue construido en el año 1986, y para obtener el espectro de diseño de la estructura nos basamos en el CEC-79.

Se procede a calcular el periodo elástico fundamental de vibración de la estructura, como está especificado en la Ec.15 en el Capítulo III.

$$T = \frac{0,09h_n}{\sqrt{D}} = \frac{0,09 \times 8.5}{\sqrt{58}}$$

$$T = 0,1 \text{ seg}$$

Conociendo el período elástico, se calcula el coeficiente numérico con la Ec. 14.

$$C = \frac{1}{15\sqrt{T}}$$

$$C = \frac{1}{15\sqrt{0,1}}$$

$$C = 0,21 \text{ se escoge } 0,12$$

El CEC-79 expresa que el valor numérico de resonancia entre la estructura y el sitio es de 1,5.

El producto de C y S no debe exceder a 0,14.

$$CS \leq 0,14 \therefore CS = 0,12 * 1,5 = 0,18$$

Debido a que CS es mayor se escoge 0,14.

Los coeficientes sísmicos de diseño se lo obtienen por medio de la ecuación 12. Donde el factor de importancia es 1 y factor de fuerza horizontal K es 1.

$$C_s = I K C S = 1 * 1 * 0,14 = 0,14$$

4.2.7.5 Factor de Reducción efectivo

Con la Ec. 22 se determina el factor de reducción efectivo del edificio durante el sismo:

$$R_{efectivo} = \left(\frac{Sa_{respuesta\ elástica\ del\ periodo\ de\ vibración\ de\ la\ estructura}}{Cs\ de\ diseño} \right)$$

$$R_{efectivo} = \left(\frac{0,675}{0,14} \right) = 4.82$$

4.2.8 Edificio Multifamiliares Los Olivos

4.2.8.1 Periodo de Vibración

Con la Ec.7 se calcula el periodo de vibración, por consiguiente, en la tabla 8 se determina $C_t = 0.055$ y $\alpha = 0.9$ dado que la estructura corresponde a pórticos especiales de hormigón armado y no tiene muros estructurales, ni diagonales rigidizadores.

Tabla 42. Periodo de Vibración.

	DATOS	UNIDAD
α	0,9	-
C_t	0,055	-
ht	10,8	m
T	0,47	seg

Fuente: Autora

Después de calcular el periodo de vibración, se observa que está entre los periodos límites de vibración $T_o \leq T \leq T_c$.

Por lo tanto, el valor del espectro de respuesta elástica de aceleración de este edificio en el sismo del 16 de abril de 2016 para suelo tipo D en Portoviejo se calcula como en la Ec.3.

$$S_{a_{TERREMOTO}} = 0.702$$

4.2.8.2 Espectro de desplazamiento elástico de la estructura

Para el cálculo del espectro de desplazamiento, se obtiene el TI según se muestra en la tabla 26.

$$T_L = 3,264 \text{ segundos}$$

Una vez establecido TI, se procede a calcular el desplazamiento elástico de la estructura como $T \leq T_I$, utilizando la Ec.8.

$$S_d = S_a(g) \cdot (T/2\pi)^2$$

$$S_d = 0,702 \times 9,81 \cdot (0,47/2\pi)^2$$

$$S_d = 0,04 \text{ metros}$$

4.2.8.3 Deriva máxima del edificio

La deriva inelástica máxima se calcula con la Ec.11. del Capítulo III.

$$\Delta M = \frac{S_d}{H} \times 0,75$$

$$\Delta M = \frac{0,04}{10,80} \times 0,75$$

$$\Delta M = 0,27\%$$

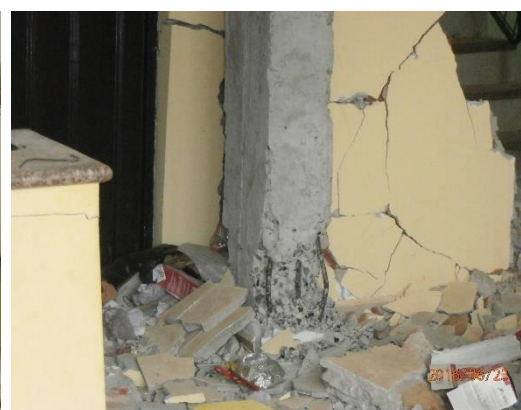


Ilustración 50 Desprendimiento de recubrimiento en la conexión y corte en mampostería

Fuente: (MIDUVI, 2016))

4.2.8.4 Espectro de diseño según el año de construcción del edificio

4.2.8.4.1 Código Ecuatoriano de la Construcción 1979- (CEC-79)

Para obtener el espectro de diseño de la estructura se utiliza el CEC-79, donde se especifica que C_s es el coeficiente sísmico de diseño.

Se procede a calcular el periodo elástico fundamental de vibración de la estructura, como esta especificado en la Ec.15. Capítulo III.

$$T = \frac{0,09h_n}{\sqrt{D}}$$

$$T = \frac{0,09 \times 10,80}{\sqrt{18,6}}$$

$$T = 0,22 \text{ seg}$$

Conociendo el período elástico, se calcula el coeficiente numérico con la Ec.14.

$$C = \frac{1}{15\sqrt{T}}$$

$$C = \frac{1}{15\sqrt{0,22}}$$

$$C = 0,14 \text{ se escoge } 0,12$$

El CEC-79 expresa que el valor numérico de resonancia entre la estructura y el sitio es de 1,5.

El producto de C y S no debe exceder a 0,14.

$$CS \leq 0,14 \therefore CS = 0,12 * 1,5 = 0,18$$

Debido a que CS es mayor se escoge 0,14.

El coeficiente sísmico de diseño se lo obtiene por medio de la Ec.12. donde el factor de importancia es 1 y factor de fuerza horizontal K es 1.

$$C_s = I K C S = 1 * 1 * 0,14 = 0,14$$

4.2.8.5 Factor de Reducción efectivo

Con la Ec. 22 se determina el factor de reducción efectivo del edificio durante el sismo:

$$Refectivo = \left(\frac{Sa \text{ respuesta elástico del periodo de vibración de la estructura}}{Cs \text{ de diseño}} \right)$$

$$Refectivo = \left(\frac{0,702}{0,14} \right) = 5.01$$

4.2.9 Edificio de la Senagua

4.2.9.1 Periodo de Vibración

Con la Ec.7 se calcula el periodo de vibración, por consiguiente, en la tabla 8 se determina $C_t = 0.055$ y $\alpha = 0.9$ dado que la estructura corresponde a pórticos especiales de hormigón armado y no tiene muros estructurales, ni diagonales rigidizadores.

Tabla 43. Periodo de Vibración.

	DATOS	UNIDAD
α	0,9	-
C_t	0,055	-
h_t	15,55	m
T	0,65	seg

Fuente: Autora

Después de calcular el periodo de vibración, se observa que está entre los periodos límites de vibración $T_0 \leq T \leq T_c$.

Por lo tanto, el valor del espectro de respuesta elástica de aceleración de este edificio en el sismo del 16 de abril de 2016 para suelo tipo E en Portoviejo se calcula como en la Ec.3.

$$S_{a_{TERREMOTO}} = 0.675$$

4.2.9.2 Espectro de desplazamiento elástico de la estructura

Para el cálculo del espectro de desplazamiento, se obtiene el TI según se muestra en la tabla 26.

$$T_L = 4,08 \text{ segundos}$$

Una vez establecido TI, se procede a calcular el desplazamiento elástico de la estructura como $T \leq T_I$, utilizando la Ec.8.

$$S_d = S_a(g) \cdot (T/2\pi)^2$$

$$S_d = 0,675 \times 9,81 \cdot (0,65/2\pi)^2$$

$$S_d = 0,07 \text{ metros}$$

4.2.9.3 Deriva máxima del edificio

La deriva inelástica máxima se calcula con la ecuación 11 que consta en el Capítulo III.

$$\Delta M = \frac{S_d}{H} \times 0,75$$

$$\Delta M = \frac{0,07}{15,55} \times 0,75$$

$$\Delta M = 0,34\%$$



Ilustración 51 Daños no estructurales nudos y columna del edificio.

(Fuente: (MIDUVI, 2016))



Ilustración 52 Daños no estructurales en el edificio de Senagua.

(Fuente: (MIDUVI, 2016))

4.2.9.4 Espectro de diseño según el año de construcción del edificio.

4.2.9.4.1 Código Ecuatoriano de la Construcción 1979- (CEC-79)

El edificio Senagua se construyó en el año 1987, y para obtener el espectro de diseño de la estructura nos basamos en el CEC-79.

Se procede a calcular el periodo elástico fundamental de vibración de la estructura, como está especificado en la Ec.15. en el Capítulo III.

$$T = \frac{0,09h_n}{\sqrt{D}}$$

$$T = \frac{0,09 \times 15,55}{\sqrt{19,22}}$$

$$T = 0,32 \text{ seg}$$

Conociendo el período elástico, se calcula el coeficiente numérico con la Ec.14.

$$C = \frac{1}{15\sqrt{T}}$$

$$C = \frac{1}{15\sqrt{0,32}}$$

$$C = 0,117$$

El CEC-79 expresa que el valor numérico de resonancia entre la estructura y el sitio es de 1,5.

El producto de C y S no debe exceder a 0,14.

$$CS \leq 0,14 \therefore CS = 0,117 * 1,5 = 0,175$$

Debido a que CS es mayor se escoge 0,14.

Para obtener el coeficiente sísmico de diseño se lo obtiene por medio de la ecuación 12. Donde el factor de importancia es 1 y factor de fuerza horizontal K es 1.

$$C_s = I K C S = 1 * 1 * 0.14 = 0.14$$

4.2.9.5 Factor de Reducción efectivo

Con la Ec. 22 se determina el factor de reducción efectivo del edificio durante el sismo:

$$R_{efectivo} = \left(\frac{Sa_{respuesta\ elástico\ del\ periodo\ de\ vibración\ de\ la\ estructura}}{C_s\ de\ diseño} \right)$$

$$R_{efectivo} = \left(\frac{0,675}{0,14} \right) = 4.82$$

CAPITULO V

5 Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones.

Este estudio de las causas de demolición de edificios afectados por el sismo del 16 de abril del 2016 en Portoviejo se ha estructurado en cuatro grandes secciones, donde la primera es una introducción acerca de la definición de los sismos y la manera en que se pueden presentar, lo cual es importante para la investigación.

La segunda es una recopilación de información de diferentes tipos de edificios afectados por el sismo en Portoviejo, en la cual se pudo encontrar mediante búsqueda en periódicos, papers y fotografías, siete edificios que no presentaron daños estructurales pero que fueron demolidos.


La tercera sección presenta la metodología que se utilizó para desarrollar el respectivo análisis detallado del comportamiento sísmico de los edificios durante el terremoto del 16 de abril del 2016 y las características asumidas para sus diseños, de acuerdo con las normas, tanto con los CEC-79, CEC-02, NEC-2011 y NEC-2015.

En la cuarta parte se trata sobre los resultados obtenidos tanto en el espectro de respuesta elástico correspondiente a los períodos de vibración de sistemas de un grado de libertad iguales a los de los edificios, durante el sismo. También se determinó la deriva máxima del edificio, el coeficiente sísmico correspondiente al año de construcción del edificio y el factor de reducción efectivo de la estructura, entendiendo este valor como la relación de la respuesta elástica de un sistema de 1GDL con periodo igual al del edificio sobre el coeficiente sísmico de diseño asumido.

A continuación, en la tabla 28, se puede apreciar un resumen de los resultados obtenidos para cada uno de los edificios demolidos.

Tabla 44. Resumen de análisis de cálculo.

No	Edificios	Características	Fotografía	
1	Edificio Álava	Tipo de Suelo	E	
		Año de Construcción	1979	
		Sa Respuesta	0,675	
		Sa Diseño C-79	0,14	
		Deriva inelástica máxima	0,53%	
		R (efectivo)	4,82	
2	Cafetería Jean Pierre	Tipo de Suelo	D	
		Año de Construcción	2008	
		Sa Respuesta	0,702	
		Sa Diseño CEC-2002 (Cs)	0,112	
		Deriva inelástica máxima	0,31%	
		R (efectivo)	6,27	
3	Centro Comercial Municipal	Tipo de Suelo	E	
		Año de Construcción	1986	
		Sa Respuesta	0,675	
		Sa Diseño C-79	0,140	
		Deriva inelástica máxima	0,53%	
		R (efectivo)	4,82	
4	Clínica Santa Margarita	Tipo de Suelo	E	
		Año de Construcción	jul-15	
		Sa Respuesta	0,675	
		Sa Diseño Nec-11	0,2619	
		Deriva inelástica máxima	0,38%	
		R (efectivo)	2,58	
5	Jefatura Cuerpos de Bomberos	Tipo de Suelo	E	
		Año de Construcción	1986	
		Sa Respuesta	0,675	
		Sa Diseño C-79	0,14	
		Deriva inelástica máxima	0,21%	
		R (efectivo)	4,82	

No	Edificios	Características		Fotografía
6	Bloques Multifamiliares Los Olivos	Tipo de Suelo	D	
		Año de Construcción	1979	
		Sa Respuesta	0,702	
		Sa Diseño C-79	0,14	
		Deriva inelástica máxima	0,27%	
		R (efectivo)	5,01	
		7	Edificio Senagua	
Año de Construcción	1987			
Sa Respuesta	0,675			
Sa Diseño C-79	0,14			
Deriva inelástica máxima	0,34%			
R (efectivo)	4,82			

Fuente: Autora

Una vez obtenidos los resultados para cada uno de los edificios afectados por el sismo del 16 de abril del 2016 de la muestra, se encontró que la deriva inelástica máxima de los edificios fue menor o igual al 0,53%. La Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 indica que, para estructuras de hormigón armado del tipo de los edificios estudiados, la deriva inelástica máxima tiene un valor límite del 2%. Por lo tanto, no debería existir daño estructural en los edificios, lo cual fue verificado en todos menos en uno de los bloques de Los Olivos, que presuntamente sufrió ese tipo de daño por golpe con los otros edificios y fue el único de la muestra cuya demolición se encuentra técnicamente justificada por la Consultora CVA de Guayaquil. Las derivas inelásticas máximas encontradas se ubicaron en el rango entre 0,21% y 0,53%, lo cual solo implica daño no estructural, lo cual fue verificado, con la sola excepción mencionada. Se concluye que se hubiera podido realizar la rehabilitación de los edificios, pero se prefirió demolerlos.

Otro factor que se identificó como importante es el factor de reducción efectivo (R efectivo) de la respuesta elástica de cada edificio. Se determina como la relación entre el valor del espectro de respuesta elástico del sismo y el coeficiente sísmico de diseño, de acuerdo con los códigos o normas

ecuatorianas vigente en el año de construcción de los edificios, como está calculado en el Capítulo IV y se muestra en la tabla 28 con valores de R efectivo entre 2,58 y 6,27.

Para este proyecto de investigación se realiza una comparación con el trabajo de titulación del Sr. Jefferson Ronald Loaiza Tacury con el tema “Los métodos de rehabilitación en los edificios afectados por el sismo del 16 de Abril del 2016 en el Ecuador”, de acuerdo con los resultados obtenidos del edificio del Ex Banco Central construido hace 3 décadas, ubicado en la Provincia de Manabí en la ciudad de Manta sobre un suelo tipo E, con un resultado de deriva inelástica máxima de 0,74%, a este edificio se le realizó una rehabilitación. Sin embargo, al edificio Centro Comercial Municipal de Portoviejo, construido en el año 1986, también sobre un suelo tipo E y con resultados de su deriva inelástica máxima de 0,53% se decidió que demolieran el edificio. El mismo tipo de comparación se puede hacer con el R efectivo, pues en el edificio del Ex Banco Central en Manta dicho valor es 5,38; mientras en el Centro Comercial Municipal de Portoviejo el valor es menor de 4,82.

5.2 Recomendaciones

Una vez obtenidos los resultados, se recomienda de forma técnica la revisión de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015, que, para poder realizar un buen diseño sismorresistente, se debería cambiar el valor de porcentaje de la deriva inelástica máxima menor al 2% (se sugiere como máximo el 1%), para que las futuras construcciones en el Ecuador no presenten daños no estructurales graves como sucedió el 16 de abril del 2016. Normas de construcción internacionales como las de Perú, Turquía, Colombia y Chile constan con restricciones de límites de derivas menor al 2% como se muestra en la ilustración 53.

País	Código	Criterio	
Perú	NTE E-030 2003	Material Predominante	
		Concreto Armado	Δ_i/h_i 0.007
		Acero	0.010
		Albañilería	0.005
		Madera	0.010
Colombia	NSR-98	Material Predominante	
		Concreto reforzado, metálicas y de madera	Δ_i/h_i 0.010
		Mampostería	0.005
Chile	NCh 433.Of96	<ul style="list-style-type: none"> • El desplazamiento relativo entre dos pisos consecutivos, medido en el centro de masas en cada una de las direcciones de análisis, no debe ser mayor que la altura de entrepiso multiplicada por 0.002. • El desplazamiento relativo máximo entre dos pisos consecutivos, medido en cualquier punto de la planta en cada una de las direcciones de análisis, no debe exceder en más de 0.001h al desplazamiento relativo correspondiente medido en el centro de masas, en donde h es la altura de entrepiso. 	
Turquía	SSBDA 1997	$\Delta_i/h_i \leq 0.0035$	

Ilustración 53. Límites de derivas internacionales.

(Fuente: PUCP- Luis Eduardo Andrade)

Los valores de los factores de reducción de la respuesta elástica R adoptados por la NEC-2015 deberían tomar valores menores, pues los actuales hacen que los coeficientes sísmicos de diseño sean menores a los que se consideraban en normas anteriores como el CEC-1979 y las NEC-2011, lo cual es una contradicción, pues significa que mientras el peligro sísmico se ha incrementado en dicha norma (NEC-2015) respecto a las anteriores, se está diseñando para niveles del cortante basal menores o iguales a los adoptados antes.

Ocho de diez edificios de la muestra fueron diseñados y construidos entre los años 1979 y 1987, muy presumiblemente con el CEC-79 y por tanto, con coeficientes sísmicos iguales a $C_s=0,14$. Si esos mismo edificios hubieran sido diseñados con la norma NEC-15 ($Z= 0,5$ en Portoviejo y $R = 8$) su coeficiente sísmico hubiese sido igual al de hace 35 años, en suelos tipo D y E.

BIBLIOGRAFÍAS

- Aguiar, R., & Mieles, Y. (2016). Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016.
- Anónimo. (27 de Mayo de 2016). *El Diario*. Obtenido de Clínica Santa Margarita está operativa y atendiendo normalmente: <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/392979-clinica-santa-margarita-esta-operativa-y-atendiendo-normalmente/>
- Anónimo. (31 de Julio de 2016). *El Diario*. Obtenido de Más vías son cerradas por demoliciones: <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/400615-mas-vias-son-cerradas-por-demoliciones/>
- Anónimo. (17 de Agosto de 2016). *El Diario*. Obtenido de Sólo un bloque de multifamiliares de Los Olivos será demolido: <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/402593-solo-un-bloque-de-multifamiliares-de-los-olivos-sera-demolido/>
- CEC. (1979). *Código ecuatoriano de la construcción*. Ecuador.
- CEC. (2002). *Código ecuatoriano de la construcción*. 6.
- GAD, M. P. (2017). *Estudio de microzonificación de área urbana de Portoviejo y sus cabeceras parroquiales rurales*. Quito: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Portoviejo.
- Hernán, L. (12 de Agosto de 2016). *Expreso*. *El edificio más alto de Portoviejo será el siguiente en caer*, pág. 5.
- MIDUVI. (2016). *Análisis, estudio y determinación de las soluciones estructurales más idóneas para el reforzamiento estructural de las edificaciones públicas afectadas por el terremoto del 16 de abril del 2016 en la provincia de Manabí, cantón Portoviejo*. Portoviejo: Ministerio de Desarrollo Urbano Y Vivienda.

- MIDUVI. (2016). *Anexo fotográfico del estudio actual del edificio*. Portoviejo: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- NEC. (2011). Norma Ecuatoriana de la Construcción. Ecuador.
- NEC. (2011). Norma Ecuatoriana de la Construcción. Ecuador.
- NEC. (2015). En *Peligro sísmico diseño sismo resistente* (pág. 27). ECUADOR: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Palma, N. (10 de Junio de 2016). *SOS: Bomberos de Portoviejo damnificados*, pág. 2.
- Palma, N. (22 de Mayo de 2016). El Universo. *Ministerio define presupuesto para cárcel portovejense*, pág. 3.
- Palma, N. (21 de Agosto de 2016). El Universo. *Comerciantes afectados por el terremoto piden ayuda difícil acceso a crédito complica reactivación*, pág. 12.
- Robles, G. (18 de Abril de 2016). Expreso. *Portoviejo es una ruina*, pág. 4.

ANEXOS



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Guayaquil, 27 de noviembre de 2017

Señor Ingeniero
Agustín Casanova Cedeño
Alcalde de Portoviejo
Portoviejo

De nuestras consideraciones:

Nuestra estudiante de la Facultad de Ingeniería, Srta. María Gemma Lindao Cabezas, se encuentra realizando un Trabajo de Titulación sobre el tema “Estudio de las Causas de Demolición de Edificios Afectados por el Sismo del 16 de Abril de 2016 en Portoviejo”, para lo cual requiere copia de la información técnica existente en el Gobierno Autónomo Descentralizado de Portoviejo, sobre la demolición de los siguientes edificios en esa ciudad:

- Centro Comercial Municipal, que estuvo ubicado en las calles **Av. Chile y Pedro Gual**.
- Jefatura del Cuerpo de Bomberos, que estuvo ubicado en las calles **Av. Ricaurte y Av. Córdoba**.
- Edificios de Bloques del Ministerio del Interior (Policía Nacional), que estuvieron ubicados en la Ciudadela Los Olivos, calles **Av. Del Ejercito y Av. Ciudadela de Los Olivos**.
- Edificio del Restaurante Jean Pierre, que estuvo ubicado en las calles **Av. Chile y Ramos Duarte**.
- Clínica Santa Margarita, que está ubicado en las calles **18 de octubre y Simón Bolívar**, que fuera sometido a la demolición de dos de los pisos de uno de sus bloques.
- Edificio Álava, que estuvo ubicado en las calles **Av. Pedro Gual y Primero de Enero**.
- Edificio Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA), que estuvo ubicado en las calles **Av. Olímpica y Av. Bolivariana**.

Este trabajo de investigación busca identificar los criterios técnicos aplicables a la toma de decisiones sobre demoliciones de edificios afectados por sismos en nuestro país, con el propósito de realizar un aporte sobre el tema a las Normas Ecuatorianas de la Construcción.

Quedamos agradecidos por la colaboración que el GAD de su digna Alcaldía pueda prestar a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil en el tema explicado.

Muy atentamente,

Ing. Lilia Valarezo de Pareja, M.Sc.
Decana de la Facultad de Ingeniería, UCSG
Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

Guayaquil, 21 de noviembre de 2017

Señor Abogado
José Herrera Falcones
Subsecretario Zonal 4.
En su despacho

De mis consideraciones:

Yo, Srta. María Gemma Lindao Cabezas, con CI 0927065045 me encuentro realizando un Trabajo de Titulación sobre el tema “**Estudio de las Causas de Demolición de Edificios Afectados por el Sismo del 16 de Abril de 2016 en Portoviejo**”, para lo cual requiere copia de la información técnica existente en el **Ministerio de Transporte y Obras Públicas**, sobre la demolición de los siguientes edificios en esa ciudad:

- Centro Comercial Municipal, que estuvo ubicado en las calles **Av. Chile y Pedro Gual**.
- Jefatura del Cuerpo de Bomberos, que estuvo ubicado en las calles **Av. Ricaurte y Av. Córdoba**.
- Edificios de Bloques del Ministerio del Interior (Policía Nacional), que estuvieron ubicados en la Ciudadela Los Olivos, calles **Av. Del Ejercito y Av. Ciudadela de Los Olivos**.
- Edificio del Restaurante Jean Pierre, que estuvo ubicado en las calles **Av. Chile y Ramos Duarte**.
- Clínica Santa Margarita, que está ubicado en las calles **18 de octubre y Simón Bolívar**, que fuera sometido a la demolición de dos de los pisos de uno de sus bloques.
- Edificio Álava, que estuvo ubicado en las calles **Av. Pedro Gual y Primero de Enero**.
- Edificio Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA), que estuvo ubicado en las calles **Av. Olímpica y Av. Bolivariana**.

Este trabajo de investigación busca identificar los criterios técnicos aplicables a la toma de decisiones sobre demoliciones de edificios afectados por sismos en nuestro país, con el propósito de realizar un aporte sobre el tema a las Normas Ecuatorianas de la Construcción.

Quedo muy agradecida por la colaboración que el **MTOP** pueda prestar al tema explicado.

Muy atentamente,

Srta. María Gemma Lindao Cabezas
Estudiante de la Facultad de Ingeniería, UCSG
Universidad Católica Santiago de Guayaquil



Guayaquil, 21 de noviembre de 2017

Señor Ingeniero
Marcos Paredes
Director Regional
En su despacho

De nuestras consideraciones:

Yo, Srta. María Gemma Lindao Cabezas, con CI 0927065045 me encuentro realizando un Trabajo de Titulación sobre el tema “**Estudio de las Causas de Demolición de Edificios Afectados por el Sismo del 16 de Abril de 2016 en Portoviejo**”, para lo cual requiere copia de la información técnica existente en el **Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda**, sobre la demolición de los siguientes edificios en esa ciudad:

- Centro Comercial Municipal, que estuvo ubicado en las calles **Av. Chile y Pedro Gual**.
- Jefatura del Cuerpo de Bomberos, que estuvo ubicado en las calles **Av. Ricaurte y Av. Córdoba**.
- Edificios de Bloques del Ministerio del Interior (Policía Nacional), que estuvieron ubicados en la Ciudadela Los Olivos, calles **Av. Del Ejercito y Av. Ciudadela de Los Olivos**.
- Edificio del Restaurante Jean Pierre, que estuvo ubicado en las calles **Av. Chile y Ramos Duarte**.
- Clínica Santa Margarita, que está ubicado en las calles **18 de octubre y Simón Bolívar**, que fuera sometido a la demolición de dos de los pisos de uno de sus bloques.
- Edificio Álava, que estuvo ubicado en las calles **Av. Pedro Gual y Primero de Enero**.
- Edificio Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA), que estuvo ubicado en las calles **Av. Olímpica y Av. Bolivariana**.

Este trabajo de investigación busca identificar los criterios técnicos aplicables a la toma de decisiones sobre demoliciones de edificios afectados por sismos en nuestro país, con el propósito de realizar un aporte sobre el tema a las Normas Ecuatorianas de la Construcción.

Quedo muy agradecida por la colaboración que el **MIDUVI** pueda prestar al tema explicado.

Muy atentamente,

Srta. María Gemma Lindao Cabezas
Estudiante de la Facultad de Ingeniería, UCSG
Universidad Católica Santiago de Guayaquil



Oficio Nro. MIDUVI-GOTM-2017-1275-0

Portoviejo, 22 de diciembre de 2017

Asunto: Requerimiento de información de evaluación de edificios del cantón Portoviejo,

Señora

Maria Gemma Lindao Cabezas

En su Despacho

En atención a comunicación suscrita por usted, en la misma que solicita información técnica respecto a la demolición de edificios afectados por el sismo del 16 de abril de 2016 en el cantón Portoviejo; me permito informar que el MIDUVI a través de la Dirección de Oficina Técnica de Manabí, contrató la consultoría de evaluación especializada para edificios públicos o de concurrencia masiva en el cantón Portoviejo de acuerdo a listado remitido por el COE provincial.

Del listado de edificios requeridos por usted, sólo el de SENAGUA fue evaluado por la consultora PLAN-PROCONS, para lo cual me permito entregar en físico un cd que contiene del resultado de la evaluación estructural especializada a la mencionada edificación.

Atentamente,

Documento firmado electrónicamente

Inge Marcos Antonio Paredes Saltos

DIRECTOR DE OFICINA TÉCNICA MANABÍ



Referencias:

- MIDUVI-GOTM-2017-3022-E

Copia:

Señor Ingeniero
José Gregorio Cedeño Zambrano
Especialista



GOBIERNO AUTÓNOMO
DESCENTRALIZADO MUNICIPAL
DEL CANTÓN PORTOVIEJO

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL CANTÓN PORTOVIEJO
DIRECCIÓN DE AVALÚOS, ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y GESTIÓN DEL SUEL

Propietario:	ALAVA SALTOS AGUSTIN DE LA CRUZ		
Cédula/RUC:	1300441969		
Clave Catastral:	01010390130000000	Patrimonio	
Teléfono:	0	Histórico:	NO
Ubicación:	PRIMERO DE ENERO , 9 DE OCTUBRE , PEDRO GUAL		
Parroquia:	18 DE OCTUBRE		
Sector:	CENTRO	Uso Suelo:	
Tipo de predio:	UNIPROPIETARIO		
Nombre Edificio:			
Nombre de Institución Pública:			

AASS:	SI	ASEO:	SI
AAPP:	SI	RECOL. BASURA:	SI
EEEE:	SI	TRANS. PUBLICO:	NO
TELEFONIA:	NO	MATERIAL VIA:	ASFALTO

Frente:	49.61	Fondo Relativo:	78.91
Topografía:	Plano	Afectación:	SECO
No Lados:	4	No. Ang. Rectos:	1
Area:	965.35	Perímetro:	142.77

Adquisición	Cantón	Fecha Adquisición/Inscripción	Notaria	Cuantía
Compraventa	PORTOVIEJO	1976/09/15	2	13.72

Ocupación PROPIETARIO	Hipotecado NO	Situación NINGUNA	Area Afectada 0.00
-----------------------	---------------	-------------------	--------------------

	Superficie	Avalúo
Terreno Útil:	965.35	541,561.35
Terreno Comunal:	0.00	0.00
Construcción Útil:	0.00	0.00
Construcción Comunal:	0.00	0.00
Adicional Constructivo:		0.00
TOTAL		541,561.35

Bloque	Piso	Area	Avaluo
--------	------	------	--------



Linderos y Medidas (m) escritura			Linderos y Medidas en registro catastral		
Frente:	15.60	CALLE PEDRO GUAL	Frente:	15.60	CALLE PEDRO GUAL
Posterior:	30.20	CALLE 9 DE OCTUBRE	Posterior:	28.40	CALLE 9 DE OCTUBRE
Costado 1:	51.70	CALLE NUEVA	Costado 1:	47.40	CALLE PRIMERO DE ENERO
Costado 2:	52.00	ANGELA ZAMBRANO Y AMENTA CEI	Costado 2:	52.00	DELGADO CABRERA JOSE
Costado 3:	0.00		Costado 3:	0.00	
Costado 4:	0.00		Costado 4:	0.00	
Costado 5:	0.00		Costado 5:	0.00	
Costado 6:	0.00		Costado 6:	0.00	



Propietario:	SOLRZANO ZAMBRANO BETTY MARIBEL		
Cédula/RUC:	1305501460		
Clave Catastral:	01020700010000000	Patrimonio	
Teléfono:	052652696	Histórico:	NO
Ubicación:	CHILE, RAMOS IDUARTE, QUITO		
Parroquia:	18 DE OCTUBRE		
Sector:	CENTRO NORTE	Uso Suelo:	
Tipo de predio:	UNIPROPIETARIO		
Nombre Edificio:			
Nombre de Institución Pública:			

AASS:	SI	ASEO:	SI
AAPP:	SI	RECOL. BASURA:	SI
EEEE:	SI	TRANS. PÚBLICO:	NO
TELEFONÍA:	NO	MATERIAL VIA:	ASFALTO

Frente:	26.00	Fondo Relativo:	15.70
Topografía:	Plano	Afectación:	SECO
No Lados:	4	No. Ang. Rectos:	4
Area:	374.00	Perímetro:	83.40

Adquisición	Cantón	Fecha Adquisición/Inscripción		Notaría	Cuántía
Compraventa	PORTOVIJO	1997/12/02	1997/12/04	1	0.00

Ocupación	Hipotecado	Situación	Area Afectada
PROPIETARIO	NO	NINGUNA	0.00

	Superficie	Avalúo
Terreno Útil:	374.00	117,810.00
Terreno Comunal:	0.00	0.00
Construcción Útil:	0.00	0.00
Construcción Comunal:	0.00	0.00
Adicional Constructivo:		0.00
TOTAL		117,810.00

Bloque	Piso	Area	Avaluo
--------	------	------	--------



Linderos y Medidas (m) escritura			Linderos y Medidas en registro catastral		
Frente:	26.00	CALLE RAMOS IDUARTE	Frente:	26.00	CALLE RAMOS IDUARTE
Posterior:	26.00	DAVID TENELEMA TENELEMA	Posterior:	26.00	DAVID TENELEMA TENELEMA
Costado 1:	14.00	SOLAR # 71	Costado 1:	14.00	SOLAR 71
Costado 2:	17.40	CALLE CHILE	Costado 2:	17.40	CALLE CHILE
Costado 3:	0.00		Costado 3:	0.00	
Costado 4:	0.00		Costado 4:	0.00	
Costado 5:	0.00		Costado 5:	0.00	
Costado 6:	0.00		Costado 6:	0.00	



Propietario:	GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN PORTOVIEJO		
Cédula/RUC:	1360000200001		
Clave Catastral:	01020850010000000		
Teléfono:	3700250		
Ubicación:	9 DE OCTUBRE ,CHILE , RICAURTE		
Parroquia:	18 DE OCTUBRE		
Sector:	SECTOR CENTRO	Uso Suelo:	
Tipo de predio:	UNIPROPIETARIO		
Nombre Edificio:			
Nombre de Institución Pública:			

AASS:	SI	ASEO:	SI
AAPP:	SI	RECOL. BASURA:	SI
EEEE:	SI	TRANS. PUBLICO:	NO
TELEFONIA:	NO	MATERIAL VIA:	HORMIGÓN

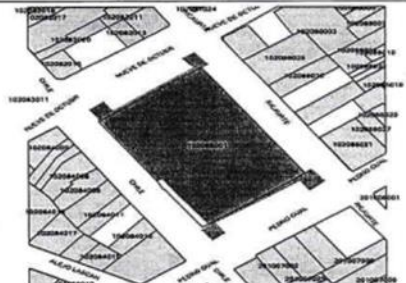
Frente:	59.79	Fondo Relativo:	95.45
Topografía:	A NIVEL	Afectación:	SIN AFECTACION
No Lados:	4	No. Ang. Rectos:	4
Area:	5,785.79	Perimetro:	312.50

Adquisición	Cantón	Fecha Adquisición/Inscripción	Notaría	Cuantía
Compraventa	PORTOVIEJO		1	0.00

Upación	Hipotecado	Situación	Area Afectada
NO	NO	Comodato	9.00

	Superficie	Avalúo
Terreno Útil:	5,785.79	4,617,060.42
Terreno Comunal:	0.00	0.00
Construcción Útil:	10461.63	6,673,117.64
Construcción Comunal:	0.00	0.00
Adicional Constructivo:		0.00
TOTAL		11,290,178.06

Bloque	Piso	Area	Avaluo
01	01	2,377.41	1,880,307.00
01	02	2,214.71	1,751,627.00
01	03	2,687.59	2,125,630.00
01	04	364.77	104,957.60
01	05	563.43	162,119.40
01	06	563.43	162,119.40
01	07	563.43	162,119.40
01	08	563.43	162,119.40
01	09	563.43	162,119.40



Línderos y Medidas (m) escritura		Línderos y Medidas en registro catastral	
Frente:	0.00	Frente:	61.86 Calle Pedro Gual
Posterior:	0.00	Posterior:	59.74 Calle 9 de Octubre
Costado 1:	0.00	Costado 1:	95.58 Calle Chile
Costado 2:	0.00	Costado 2:	95.32 Calle Ricaurte
Costado 3:	0.00	Costado 3:	0.00
Costado 4:	0.00	Costado 4:	0.00
Costado 5:	0.00	Costado 5:	0.00
Costado 6:	0.00	Costado 6:	0.00



GOBIERNO AUTÓNOMO
DESCENTRALIZADO MUNICIPAL
DEL CANTÓN PORTOVIEJO

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL CANTÓN PORTOVIEJO
DIRECCIÓN DE AVALÚOS, ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y GESTIÓN DEL SUELO

Propietario:	CUERPO DE BOMBEROS DE PORTOVIEJO	Patrimonio	
Cédula/RUC:	136001160001	Histórico:	NO
Clave Catastral:	0201014006000000	Uso Suelo:	
Teléfono:	2652224		
Ubicación:	CORDOVA ,CHILE , RICAURTE		
Parroquia:	PORTOVIEJO		
Sector:	CENTRO		
Tipo de predio:	UNIPROPIETARIO		
Nombre Edificio:			
Nombre de Institución Pública:			

AASS:	SI	ASEO:	SI
AAPP:	SI	RECOL. BASURA:	SI
EEEE:	SI	TRANS. PUBLICO:	NO
TELEFONIA:	NO	MATERIAL VIA:	HORMIGÓN

Frente:	22.27	Fondo Relativo:	64.67
Topografía:	Plano	Afectación:	SECO
No Lados:	4	No. Ang. Rectos:	5
Area:	1,367.05	Perímetro:	172.25

Adquisición	Cantón	Fecha Adquisición/Inscripción		Notaria	Cuántia
Compra-venta	PORTOVIEJO	2008/03/05	2008/03/14	1	0.00

Ocupación	Hipotecado	Situación	Area Afectada
PROPIETARIO	NO	NINGUNA	0.00

	Superficie	Avalúo
Terreno Útil:	1,367.05	436,362.36
Terreno Comunal:	0.00	0.00
Construcción Útil:	1806.32	355,893.38
Construcción Comunal:	0.00	0.00
Adicional Constructivo:		2,045.74
TOTAL		794,301.48

Bloque	Piso	Area	Avalúo
01	01	464.63	63,516.78
01	02	632.28	138,913.70
01	03	632.28	138,913.70
02	01	79.13	14,549.16



Linderos y Medidas (m) escritura		Linderos y Medidas en registro catastral	
Frente:	0.00	Frente:	0.00
Posterior:	0.00	Posterior:	0.00
Costado 1:	0.00	Costado 1:	0.00
Costado 2:	0.00	Costado 2:	0.00
Costado 3:	0.00	Costado 3:	0.00
Costado 4:	0.00	Costado 4:	0.00
Costado 5:	0.00	Costado 5:	0.00
Costado 6:	0.00	Costado 6:	0.00

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Lindao Cabezas, María Gemma** con C.C: # **0927065045** autora del trabajo de titulación: **Estudio de las causas de demolición de edificios afectados por el sismo 16 de abril del 2016 en Portoviejo** 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 Marzo de 2018**

f. _____

Nombre: **Lindao Cabezas, María Gemma**

C.C: **0927065045**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	Estudio de las causas de demolición de edificios afectados por el sismo 16 del abril del 2016 en Portoviejo		
AUTOR(ES)	María Gemma Lindao Cabezas		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Alex Villacrés Sánchez		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	13 de Marzo de 2018	No. PÁGINAS:	126
ÁREAS TEMÁTICAS:	Estructura		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Espectro de respuesta, factor de reducción, coeficiente sísmico, deriva máxima, desplazamiento, normas.		
RESUMEN/ABSTRACT: En este proyecto de investigación se estudiaron las causas de la demolición de edificios afectados por el sismo del 16 de abril del 2016 en la ciudad de Portoviejo (Ecuador). Se realizó la respectiva investigación en periódicos, papers y fotografías de los edificios afectados, donde se encontraron 7 edificios de los cuales se requería conocer los motivos de su demolición. Se procedió a enviar cartas a entidades públicas como el GAD de Portoviejo y el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, para solicitar información sobre las causas de la demolición de los edificios. Dicha información solo se obtuvo parcialmente por falta de respuesta efectiva de las entidades públicas. El proyecto se continuó con la determinación del tipo de suelo donde se encontraban los edificios, obtención de registro sísmico durante el evento del 16 de abril de 2016, los espectros de respuesta elásticos de aceleración de sistemas de 1 GDL durante el sismo, los espectros de respuesta elásticos de desplazamiento, la deriva inelástica máxima, los coeficientes sísmicos de diseño y el valor de reducción de la respuesta elástica efectivos R que tuvieron los edificios durante el sismo. Dichos análisis se basaron en la NEC- 2015 y las normas vigentes en el año de construcción de cada edificio. Una vez que se obtuvieron dichos resultados se procedió a valorar si hubo motivos técnicos para su demolición y como pueden ayudar los resultados a establecer parámetros para futuras decisiones sobre la demolición o recuperación de edificios afectados por sismos en el Ecuador.			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4-253565	E-mail: gemmalindao@gmail.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):			