

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

**ESTUDIO DE LOS MÉTODOS DE REHABILITACIÓN USADOS EN
EDIFICIOS AFECTADOS POR EL SISMO DEL 16 DE ABRIL DE 2016 EN
EL ECUADOR.**

AUTOR:

Loaiza Tacury, Jefferson Ronald

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de

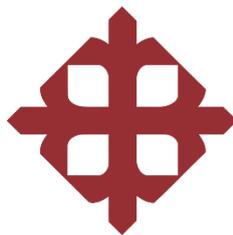
INGENIERO CIVIL

TUTOR:

Ing. Villacrés Sánchez, Alex Raúl. M.Sc

Guayaquil, Ecuador

13 de marzo del 2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Loaiza Tacury, Jefferson Ronald**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

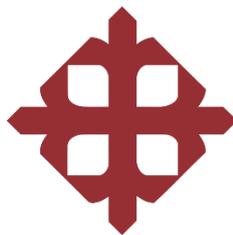
TUTOR

Ing. Villacrés Sánchez, Alex Raúl. M.Sc

DIRECTORA DE LA CARRERA

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther. M.Sc

Guayaquil, a los 13 días del mes de marzo del año 2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Loaiza Tacury, Jefferson Ronald**

DECLARO QUE:

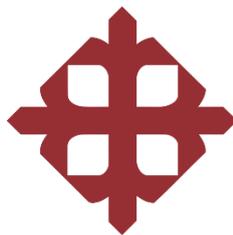
El Trabajo de Titulación, **Estudio de los métodos de rehabilitación usados en edificios afectados por el sismo del 16 de abril de 2016 en el Ecuador** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan 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 días del mes de marzo del año 2018

EL AUTOR

Loaiza Tacury, Jefferson Ronald



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **Loaiza Tacury, Jefferson Ronald**

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

Guayaquil, a los 13 días del mes de marzo del año 2018

EL AUTOR

Loaiza Tacury, Jefferson Ronald

REPORTE URKUND



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Trabajo de titulo Jefferson Loaiza Tacury.docx (D35808027)
Submitted: 2/21/2018 4:40:00 PM
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 8 %

Sources included in the report:

20151201 Julio Campaña Guarderas.docx (D16517734)
TESIS LUCHO CASTRO final.docx corregido.doc (D30525188)
Tesis correccion urkund.docx (D16651204)
20170316 Valeria López.pdf (D26465258)
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26283/1/Tesis.pdf>
<http://journal.espe.edu.ec/index.php/ciencia/article/download/299/284>
<http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/404680-seguridad-se-impone-en-construcciones/>

Instances where selected sources appear:

23

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme permitido culminar una de mis metas, por ser tan bondadoso conmigo y ayudarme en los momentos más difíciles de mi vida, por regalarme muchas experiencias buenas y malas, pero siempre haciéndolo por mi bien.

A mis padres que han sido mi motivación, mis ejemplos a seguir en la vida, por todo su esfuerzo que han hecho por mí, por estar siempre pendientes de mí, motivándome y alentándome. A mi hermano Álvaro por apoyarme y dedicarme parte de su tiempo. A mi hermano Josué por cuidarme y estar pendiente de mí.

A Eliana por estar dándome ánimos y su apoyo durante estos años.

A mi tutor, Alex Villacrés por brindarme sus conocimientos para poder desarrollar esta tesis.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis en primer lugar a Dios por todo lo que me ha dado y me ha ayudado, por guiarme durante estos años de estudio y a mi familia por todo su sacrificio que han hecho por mí, y estar siempre deseándome lo mejor.



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

Ing. Alex Raúl Villacrés Sánchez. M.Sc

TUTOR

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Stefany Esther Alcívar Bastidas. M.Sc

DIRECTORA DE LA CARRERA

Ing. Xavier Federico Casal Rodríguez. M.Sc

OPONENTE

Ing. José Andrés Barros Cabezas. M.Sc

DELEGADO DE COORDINADOR DE ÁREA

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes	2
1.2 Justificación del tema	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivo específico	3
1.4 Alcance	3
1.5 Metodología	4

CAPÍTULO II

INFORMACIÓN ACERCA DE LOS MÉTODOS DE REHABILITACIÓN A EDIFICACIONES

2.1 Historia sísmica del Ecuador.....	5
2.1.1 Registro de los sismos de mayor registro entro del Ecuador	5
2.2 Información de publicaciones existentes en internet y verbales de profesionales.....	9
2.3 Información de prensa escrita.....	21

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Métodos de rehabilitación	27
3.1.1 Aligeramiento:	28
3.1.2 Añadir elementos:	29
3.1.3 Mejorar el desempeño de elementos existentes	33
3.2 Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 (NEC-15)	34
3.2.1Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico	34
3.2.2 Zonificación sísmica y factor de zona Z	35
3.2.3 Espectro de respuesta elástico de aceleraciones	37
3.2.4 Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs	38
3.2.5 Período de vibración	40
3.2.6 Espectro elástico de diseño en desplazamientos	41
3.2.7 Deriva máxima	42

3.2.8 Límites de derivas de piso	42
3.3 Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 (NEC-11)	43
3.3.1 Zonificación sísmica y factor de zona Z	43
3.3.2 Espectro de respuesta elástico de aceleraciones	43
3.3.3 Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs	43
3.3.4 Coeficiente sísmico	45
3.3.5 Coeficientes de configuración en planta y elevación ($\emptyset P$ y $\emptyset E$)	46
3.3.6 Coeficiente de importancia (I)	48
3.3.7 Factor de reducción de resistencia sísmica (r)	49
3.3.8 Período de vibración	50
3.4 Código Ecuatoriano de la Construcción 1979 (CEC-79)	51
3.4.1 Cortante Basal	51
3.4.2 Factor de importancia de ocupación (I)	52
3.4.3 Factor de fuerza horizontal para edificios u otras estructuras	52
3.4.4 Coeficiente numérico (C)	54
3.4.5 Período elástico fundamental de vibración de la estructura	54
3.4.6 Coeficiente numérico de resonancia entre la estructura y el sitio (S) ..	54
3.4.7 Coeficiente Sísmico	55
3.5 Factor de reducción de resistencia sísmica efectivo (R)	55
CAPÍTULO IV	
COMPORTAMIENTO DE LAS EDIFICACIONES DURANTE EL SISMO DEL 16 DE ABRIL DE 2016	
4.1. Determinación del valor de Z en Portoviejo:	56
4.1.1. Ex Banco La Previsora de Portoviejo	57
4.1.2 Edificio Multifamiliar Los Olivos de Portoviejo	66
4.2 Determinación del valor de Z en Bahía de Caráquez:	74
4.2.1 Hotel Centinela	75
4.2.2 Hotel Patricio de Bahía de Caráquez	89
4.3 Determinación del valor de Z en Manta:	96
4.3.1 Ex Banco Central de Manta	97
4.3.2 Mercado Central de Manta	106

CAPÍTULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1 CONCLUSIONES	112
5.2 RECOMENDACIONES	115
BIBLIOGRAFÍA	116
ANEXOS	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Unidad de Vigilancia Comunitaria	10
Figura 2: Banco del Pacífico Portoviejo	10
Figura 3: Corporación Nacional de Electricidad Manta	11
Figura 4: Iglesia Nono Quito	11
Figura 5: Los Olivos Portoviejo	12
Figura 6: Los Tamarindos Portoviejo	12
Figura 7: Clínica Santa Margarita Portoviejo.....	13
Figura 8: Iglesia María Auxiliadora Pedernales.....	13
Figura 9: Facultad de Informática. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.....	14
Figura 10: Palacio Municipal de la ciudad San Gregorio de Portoviejo.....	14
Figura 11: Hotel Ceibo Real Portoviejo	15
Figura 12: Defensoría Pública Portoviejo.....	15
Figura 13: Edificio Municipal de Manta	16
Figura 14: Complejo California.....	16
Figura 15: Mercado Central Manta	17
Figura 16: Hotel Inn Manta.....	17
Figura 17: Hotel Yam Yam Pedernales.....	18
Figura 18: Unidad de Vigilancia Manta	19
Figura 19: Museo Centro Cultural Manta	19
Figura 20: Corporación Aduanera Manta.....	20
Figura 21: Hospital Rodríguez Zambrano Manta	20
Figura 22: Palacio de Justicia Portoviejo	23
Figura 23: Samborondón Plaza	23
Figura 24: Ex Bando Previsora Portoviejo	24
Figura 25: Centro penitenciario El Rodeo	24
Figura 26: Catedral San Pedro Guayaquil	25

Figura 27: Capilla del Señor de los Milagros.....	25
Figura 28: Capilla del Señor de los Milagros.....	26
Figura 29: Hotel Ceibo Dorado	26
Figura 30: Instalación de pared gypsum	28
Figura 31: Muros de corte	30
Figura 32: Muros de corte en la exterior fuente	31
Figura 33: Muros de corte en el interior	31
Figura 34: Tipos de arriostramientos	32
Figura 35: Alternativa de rehabilitación Los Olivos.	33
Figura 36: Recrecido o encamisado.	34
Figura 37: Ecuador, zonas sísmicas para diseño y valor del factor de zona Z.....	36
Figura 38: Espectro sísmico elástico de aceleraciones	37
Figura 39: Espectro sísmico elástico de desplazamientos para diseño	42
Figura 40: Coeficiente de irregularidad en planta	46
Figura 41: Coeficiente de irregularidad en elevación	47
Figura 42: Ubicación Ex Banco La Previsora.....	57
Figura 43: Daño en la mampostería Ex Banco La Provisora	58
Figura 44: Daño en la mampostería Ex Banco La Provisora	58
Figura 45: Fachada de Ex Banco La Previsora.....	59
Figura 46: Espectros elástico del sismo 16/04/2016 para suelo tipo e - ex banco la previsora.....	63
Figura 47: Ubicación Edificio Multifamiliar.....	66
Figura 48: Desprendimiento de hormigón edificio Los Olivos	67
Figura 49: Rótula plástica inferior edificio Los Olivos.....	67
Figura 50: Rótula plástica superior edificio Los Olivos	68
Figura 51: Derivas significativas edificio Los Olivos.....	68
Figura 52: Daños en la mampostería inferior edificio Los Olivos.	69
Figura 53: Daños en la mampostería inferior edificio Los Olivos.	69
Figura 54: Desprendimiento de hormigón de recubrimiento de fachada edificio Los Olivos	69

Figura 55: Mampostería del segundo bloque de los edificios multifamiliares Los Olivos	70
Figura 56: Mampostería del segundo bloque de los edificios multifamiliares Los Olivos	70
Figura 57: Ubicaciones Hotel Centinela.....	75
Figura 58: Daño en columna corta Hotel Centinela	75
Figura 59: Daño en columna corta Hotel Centinela	76
Figura 60: Ubicaciones Hotel Centinela.....	76
Figura 61: Desprendimiento de recubrimiento Hotel Centinela.....	76
Figura 62: Recubrimiento de viga desprendido Hotel Centinela	77
Figura 63: Asentamiento del tramo inferior Hotel Centinela.....	77
Figura 64: Colapso de mampostería	77
Figura 65: Pórticos en el arco Hotel Centinela.....	78
Figura 66: Fisuras en arcos Hotel Centinela.....	78
Figura 67: Grietas en el cerramiento Hotel Centinela	78
Figura 68: Grietas en el cerramiento interior Hotel Centinela	79
Figura 69: Grietas en el cerramiento posterior Hotel Centinela	79
Figura 70: Desplome de cerramiento Hotel Centinela	79
Figura 71: Piscina de Hotel Centinela	80
Figura 72: Ducto de Hotel Centinela	80
Figura 73: Daños en paredes de Hotel Centinela	81
Figura 74: Grietas en paredes Hotel Centinela	81
Figura 75: Grietas Hotel Centinela.....	81
Figura 76 Desplome de pared Hotel Centinela	82
Figura 77: Caída de fachada Hotel Centinela	82
Figura 78: Espectro Elástico Edificio Centinela.....	86
Figura 79: Ubicación del Hotel Patricio de Bahía de Caráquez	90
Figura 80: Sótano del Hotel Patricio	90
Figura 81: Sótano del Hotel Patricio	90
Figura 82: Mampostería del Hotel Patricio.....	91

Figura 83: Fachada de Hotel Patricio.....	91
Figura 84: Ubicaciones Ex Banco Central.....	97
Figura 85: Fachada de Ex Banco Central de Manta	98
Figura 86: Separación de escalera Ex Banco Central de Manta.....	98
Figura 87: Recubrimiento de viga desprendido Ex Banco Central de Manta	98
Figura 88: Grietas en mampostería	99
Figura 89: Pared desprendida Ex Banco Central de Manta.....	99
Figura 90: Espectros elástico Ex Banco Central de Manta	103
Figura 91: Ubicaciones Mercado Central de Manta	106
Figura 92: Falla en columna Mercado Central de Manta	107
Figura 93: Desprendimiento del recubrimiento Mercado Central de Manta	107
Figura 94: Daños en mampostería Mercado Central de Manta	108
Figura 95: Colapso en parte superior Mercado Central de Manta	108
Figura 96: Conclusión Ex Banco La Previsora.....	112
Figura 97: Conclusión Edificio Multifamiliar Los Olivos.....	112
Figura 98: Conclusiones Hotel Centinela.....	112
Figura 99: Conclusiones Hotel Patricio	113
Figura 100: Conclusiones Mercado Central	113
Figura 101: Colapso en parte superior Mercado.....	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Escala de Richter	6
Tabla 2 Escala sismológica de magnitud del momento	7
Tabla 3 Escala Mercalli.....	8
Tabla 4 Clasificación de los perfiles de suelo	35
Tabla 5 Valores del factor Z en función de la zona sísmica.....	36
Tabla 6 Coeficientes de perfil de suelo Fa NEC-15	39
Tabla 7 Coeficientes de perfil de suelo Fd NEC-15	39
Tabla 8 Coeficientes de perfil de suelo Fs NEC-15	40
Tabla 9 Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs	41
Tabla 10 Valores de deriva máxima.....	43
Tabla 11 Coeficientes de perfil de suelo Fa NEC-11	44
Tabla 12 Coeficientes de perfil de suelo Fd NEC-11	44
Tabla 13 Coeficientes de perfil de suelo Fs NEC-11	45
Tabla 14 Coeficientes de importancia.....	48
Tabla 15 Sistemas Estructurales Dúctiles.....	49
Tabla 16 Sistemas Estructurales de Ductilidad limitada	50
Tabla 17 Coeficientes C_t y α	51
Tabla 18 Factor de importancia de ocupación	52
Tabla 19 Factor de importancia de ocupación	52
Tabla 20 Datos generales del edificio Ex Banco La Previsora de Portoviejo	57
Tabla 21 Daños ocasionados por el sismo en el Ex Banco La Previsora de Portoviejo.....	58
Tabla 22 Coeficientes de Fa, Fd y Fs de 15 Ex Banco La Previsora de Portoviejo.....	60
Tabla 23 Valores para Determinación del espectro según NEC-15 Ex Banco La Previsora de Portoviejo	60
Tabla 24 T_0 y T_c Ex Banco La Previsora de Portoviejo	60
Tabla 25 Espectro de respuesta elástica de Ex Banco La Previsora de Portoviejo.....	61

Tabla 26 Datos generales del edificio Los Olivos	66
Tabla 27 Daños estructurales causados al edificio Los Olivos	67
Tabla 28 Daños no estructurales edificio Los Olivos	69
Tabla 29 REMI+MASW edificio Los Olivos	71
Tabla 30 Coeficientes de Fa, Fd y Fs de NEC-15 edificio Los Olivos.....	71
Tabla 31 Valores para Determinación del espectro según NEC-15 edificio Los Olivos.....	71
Tabla 32 T0 y Tc edificio Los Olivos	72
Tabla 33 Datos generales del edificio Hotel Centinela.....	75
Tabla 34 Daños estructurales Hotel Centinela.....	75
Tabla 35 Daños no estructurales Hotel Centinela.....	77
Tabla 36 Coeficientes de Fa, Fd y Fs de NEC 15 Hotel Centinela	83
Tabla 37 Valores para Determinación del espectro según NEC-15 Hotel Centinela.....	83
Tabla 38 T0 y Tc Hotel Centinela.....	83
Tabla 39 Espectro de respuesta elástica de Hotel Centinela.....	84
Tabla 40 Datos generales del Hotel Patricio de Bahía de Caráquez	89
Tabla 41 Daños Estructurales Hotel Patricio de Bahía de Caráquez.....	90
Tabla 42 Daños No Estructurales Hotel Patricio de Bahía de Caráquez	91
Tabla 43 Coeficientes de Fa, Fd y Fs de NEC 15 del Hotel Patricio de Bahía de Caráquez	92
Tabla 44 Valores para Determinación del espectro según NEC-15 del Hotel Patricio de Bahía de Caráquez	92
Tabla 45 T0 y Tc del Hotel Patricio de Bahía de Caráquez	93
Tabla 46 Coeficientes de Fa, Fd y Fs de NEC 11 del Hotel Patricio de Bahía de Caráquez	95
Tabla 47 Valores para Determinación del espectro según NEC-11 del Hotel Patricio de Bahía de Caráquez	95
Tabla 48 Datos generales del edificio Ex Banco Central de Manta	97
Tabla 49 Datos ocasionados del edificio Ex Banco Central de Manta	98
Tabla 50 Coeficientes de Fa, Fd y Fs de NEC 15 Ex Banco Central de Manta.....	100

Tabla 51 Valores para Determinación del espectro según NEC-15 Ex Banco Central de Manta	100
Tabla 52 T0 y Tc Ex Banco Central de Manta	100
Tabla 53 Espectro de respuesta elástica de Ex Banco Central de Manta ..	101
Tabla 54 Datos generales del Mercado Central de Manta	106
Tabla 55 Daños estructurales en el Mercado Central de Manta	107
Tabla 56 Daños no estructurales en el Mercado Central de Manta	108
Tabla 57 Coeficientes de Fa, Fd y Fs de NEC 15 de Mercado Central de Manta	109
Tabla 58 Valores para Determinación del espectro según NEC-15 de Mercado Central de Manta	109
Tabla 59 T0 y Tc Mercado Central de Manta	109
Tabla 60 Tabla Resumen de cálculos	112

RESUMEN

En este Trabajo de Título se hizo un compilado de información acerca de las edificaciones que fueron rehabilitadas o que iban hacer rehabilitadas después del terremoto del 16 de abril de 2016. Para identificar las edificaciones se buscó en periódicos, artículos técnicos, informes de profesionales y artículos de internet. Una vez identificadas las edificaciones, se procedió a enviar cartas a las entidades correspondientes para solicitar información acerca del edificio y del método de rehabilitación. Una vez que se obtuvo dicha información, se procedió a obtener el desplazamiento y la aceleración elásticas durante el sismo de sistemas de un grado de libertad con período de vibración igual al de las edificaciones, en base a la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 (NEC-15). Posteriormente, se obtuvo el coeficiente sísmico de diseño de los edificios, usando los códigos vigentes en la época de su construcción, para posteriormente calcular el factor de reducción efectivo, que es la relación entre la respuesta elástica del sistema de 1 GDL durante el sismo con el coeficiente sísmico de diseño. Una vez que se obtuvo el factor de reducción efectivo, se pudo entender parcialmente las deficiencias que tuvieron las edificaciones en su respuesta ante el sismo. A su vez, con la información suministrada se pudo conocer el método con el que se rehabilitó la edificación o las alternativas que se consideraron para rehabilitar. Con esta información se procedió a determinar si estos métodos cumplen con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15.

Palabras claves: Sismo, coeficiente sísmico, factor de reducción efectiva, derivas, aligeramiento, arriostramiento, encamisado de concreto, muros de corte

ABSTRACT

This work is a compilation of information about the buildings that were reinforced or are to be reinforced after the earthquake of April 16, 2016 in Ecuador. Newspapers, professional reports and articles of Internet were used to identify such buildings. Once those buildings were identified, letters were sent to public offices to request information about the buildings and their method of reinforcing. When this information was partially obtained, the elastic response during the earthquake of a degree of freedom system with vibration period similar to that of every building was determined, based on the 2015 Ecuadorian Construction Code (NEC-15). Latter, the seismic design factor used for the construction of every building was obtained, and used to calculate the effective reduction factor, which compares the elastic response of a 1 DOF system during the earthquake with the seismic design factor. With the effective reduction factor, a partial understanding of the behavior of the buildings during the 2016 earthquake was reached. At the same time, with the information provided, it was possible to know the reinforcing method of every building. With all this information, it was determined if the reinforced methods used comply with the NEC-15.

Keywords: Earthquake, seismic design factor, effective reduction factor, drift, lightning, bracing, concrete casing, shear walls.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Ecuador se encuentra situado dentro del cinturón de fuego del Pacífico, en una zona de alto riesgo sísmico, por lo cual en el país se han suscitado varios movimientos telúricos. Las estructuras de algunos edificios se han visto afectadas, provocando que algunos colapsen y otros presenten daños estructurales. Posterior al sismo de 7.8 en la escala de magnitud de momento sísmico con epicentro en el Cantón Pedernales, Manabí, ocurrido el 16 de abril de 2016. Las edificaciones sufrieron grandes daños por lo que las autoridades del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) y otras entidades privadas han realizado inspecciones y estudios para poder determinar si es factible hacer una rehabilitación a las estructuras que no colapsaron y que tipo de rehabilitación se debería ejecutar.

1.2 Justificación del tema

Ecuador se encuentra ubicado en una zona de subducción, resultado del hundimiento de la placa oceánica de Nazca bajo la placa Sudamericana, siendo así un país propenso a sismos; debido a esto es necesario estar al tanto de los métodos de rehabilitación que se pueden efectuar, mediante el estudio y análisis de las técnicas aplicadas en los edificios en Ecuador posterior al terremoto. Teniendo este previo conocimiento, es posible actuar rápida y eficazmente en un eventual terremoto. Hay que tener en cuenta que el tiempo es vital para poder recuperar una edificación que haya sufrido daños por sismo, ya que las réplicas podrían provocar que la edificación colapse.

Las rehabilitaciones son procesos delicados y especializados que consisten en poder recuperar la edificación afectada para poder ser utilizada nuevamente, por lo que es necesario tener conocimiento previo de las técnicas y procesos de ejecución para poder efectuarlo de la mejor manera posible y así poder asegurar a la edificación afectada.

Es necesario acotar los beneficios de hacer rehabilitaciones en edificaciones afectadas, ya sean dados por el valor histórico y patrimonial que tienen algunas construcciones, además de ser económicamente más conveniente efectuar rehabilitaciones a los edificios que derribarlos y reconstruirlos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar si los métodos empleados en la rehabilitación de edificios en Ecuador después del sismo del 16 de abril de 2016 cumplen con los requisitos mínimos establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015.

1.3.2 Objetivo específico

- Dar a conocer los distintos métodos que se están empleando en la rehabilitación de los edificios afectados por el terremoto.
- Conocer los daños que sufrieron las edificaciones durante el sismo del 16 de abril del año 2016

1.4 Alcance

Se estudiaron los casos disponibles o accesibles de rehabilitación de los edificios que sufrieron afectación por causa del terremoto del 16 de abril de 2016 en el Ecuador, determinando los tipos de daños provocados, 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 correspondiente a 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 el método de rehabilitación sísmica aplicado y se estimarán los nuevos valores de período

fundamental de vibración, cortante basal y derivas asignables al edificio después de la rehabilitación, siempre y cuando sea posible. Se estudiará si el método de rehabilitación cumple con los requisitos mínimos establecidos por la NEC-15.

1.5 Metodología

Mediante las publicaciones existentes en internet, diarios, publicaciones especializadas e información verbal de profesionales, se determinarán los casos de edificios públicos y privados que se conozca que hayan sido intervenidos para rehabilitación en el Ecuador después del sismo del 16 de abril de 2016.

Con cartas de presentación de la Universidad Católica de Guayaquil, firmadas por las autoridades correspondientes, 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, 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 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 el método de rehabilitación cumple con los requisitos mínimos establecidos.

Se elaborarán las conclusiones y recomendaciones pertinentes a cada caso.

CAPÍTULO II

INFORMACIÓN ACERCA DE LOS MÉTODOS DE REHABILITACIÓN A EDIFICACIONES

2.1 Historia sísmica del Ecuador

Ecuador es un país que a lo largo del tiempo ha sufrido una cantidad considerable de sismos, se registran más de 30 sismos desde el año 1541 hasta la actualidad. Ecuador es propenso a sismo debido a su ubicación geográfica ya que sus costas están en una zona de subducción entre la placa Nazca y la placa Sudamérica.

En las costas del Ecuador se han producido 7 grandes terremotos con el último del 16 de abril de 2016, todos estos han sido mayor a VII en la escala de intensidad de Mercalli (Tabla 3)

2.1.1 Registro de los sismos de mayor registro entro del Ecuador

- El domingo 4 de febrero en el año de 1797, a la hora de las 07:00 y 08:00 de la mañana. Se produjo un sismo en la parte norte de la Sierra de magnitud 8.3 Mw, (Tabla 2). Se estima que el sismo tuvo una duración de entre 4 y 5 minutos.
- El 15 de agosto de 1868 a las 19:30 de la noche, y el 16 de agosto de 1868 a las 06:30 de la mañana se produjeron diferentes sismos registrados con magnitudes de 6,3 y 6,7 Mw (Tabla 2) respectivamente. Ambos tuvieron lugar en la provincia del Carchi
- El 31 de enero de 1906 se produjo el más grande sismo registrado en el Ecuador, teniendo lugar dentro sus costas y además de las del país vecino, Colombia. El sismo tuvo una magnitud de 8.8 Mw (Tabla 2) y provocó un tsunami.
- El 5 de agosto de 1949 a las 14:08 de la tarde, el epicentro tuvo lugar sector Pisayambo, provincia de Tungurahua, quien no sólo fue

afectada, provincias como Cotopaxi, Chimborazo, parte de Bolívar, Pichincha y Pastaza, experimentaron los estragos del sismo, el cual fue de magnitud 6.8 en la escala de Richter (Tabla 1).

- El domingo 19 de enero de 1958, a las 9:07 de la mañana, se produjo un sismo de magnitud entre 7,8 Mw (Tabla 2). Tuvo lugar entre las fronteras de Ecuador y Colombia. Las pérdidas humanas provocadas por el movimiento telúrico fueron de aproximadamente 100 personas.
- El 5 de marzo de 1987, existieron dos sismos. Un terremoto premonitor registrado a las 20:54 de la noche, con una magnitud de 6,1 Mw (Tabla 2). Mientras que el segundo a las 23:10 de la noche con una magnitud de 6,9 Mw (Figura 2). Ambos sismos tuvieron por epicentro cercanías al volcán El Reventador ubicado entre las Provincias de Napo y Sucumbíos.
- El 12 de agosto del 2010, a las 6:45 de la mañana se produjo un sismo cuyo epicentro fue la localidad de Tena, el sismo tuvo una magnitud de 7.2 Mw (Tabla 2).
- El 12 de agosto del 2014, a las 14:57 de la tarde se produjo un sismo en la provincia de Pichincha, y su intensidad fue de hasta VI en la escala de Mercalli (Tabla 3).
- El 16 de abril de 2016, a las 18:58 de la tarde se produjo un sismo cuyo epicentro fue en el cantón Pedernales, con una magnitud de 7,8 Mw (Tabla 2).

Tabla 1
Escala de Richter

Escala de Richter	
Magnitud	Efectos del terremoto
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero se tiene registro.
3.5 a 5.4	Se siente, pero sólo causa daños menores cerca de donde se produce
5.5 a 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios mal construidos y otras estructuras en un radio de 10km

Magnitud	Efectos del terremoto
6.1 a 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas en donde vive mucha gente
7.0 a 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños a las comunidades en un radio de 100 km
8.0 o más	Gran terremoto. Destrucción total de comunidades cercanas y daños severos en un radio de más de 1000 km de distancia.

Fuente: (Biodisol, 2015)
Elaborado por: El Autor.

Tabla 2
Escala sismológica de magnitud del momento

Magnitud	Descripción	Efectos del sismo	Frecuencia de ocurrencia
Menos de 2.0	Micro	Los microsismos no son perceptibles	Alrededor de 8.000 al día
2.0 - 2.9		Generalmente no son perceptibles	Alrededor de 1.000 al día
3.0 a 3.9	Menor	Perceptibles a menudo, pero rara vez causa daño.	49.000 al año
4.0 a 4.9	Ligero	Objetos se mueven en las habitaciones, daños poco probables	6.200 al año
5.0 a 5.9	Moderado	Daños mayores a edificaciones débiles y mal construidas. Daños leves en edificaciones bien diseñadas.	800 al año
6.0 a 6.9	Fuerte	Pueden ser destructivos en áreas pobladas, en hasta 160km a la redonda.	120 al año

Magnitud	Descripción	Efectos del sismo	Frecuencia de ocurrencia
7.0 a 7.9	Mayor	Puede causar daños serios en extensas zonas	18 al año
8.0 a 8.9	Gran	Puede causar graves daños en zonas de varios cientos de kilómetros	1 - 3 al año
9.0 a 9.0		Devastadores en zonas de miles de kilómetros	1 - 2 cada 20 años
10	Épico	Nunca registrado	En la historia de la humanidad nunca ha sucedido un evento así

Fuente: (Biodisol, 2015)
Elaborado por: El Autor.

Tabla 3
Escala Mercalli

Grado	Efecto	Descripción
I	Muy débil	Microsismos, inapreciables para el ser humano
II	Débil	Perceptible, pueden oscilar lámparas
III	Leve	Tiemblas los edificios altos.
IV	Moderado	Oscilan visiblemente los objetos colgantes
V	Bastante Fuerte	Rotura de cristales, pueden desprenderse fragmentos de fachadas
VI	Fuerte	Desplazamiento o vuelco de muebles, movimiento de los árboles
VII	Muy Fuerte	Daños importantes en las estructuras de los edificios
VIII	Destruyivo	Dificultad en la conducción de vehículos, derrumbe parcial de obras de albañería
IX	Ruinoso	Se abren grietas en el suelo

Grado	Efecto	Descripción
X	Desastroso	Se desploman los edificios no diseñados para resistir sismos
XI	Muy Desastroso	Dstrucción de caso todas las estructuras de albañilería. Deformación de vías férreas, y tuberías subterráneas
XII	Catastrófico	Dstrucción casi total. El terreno se ondula y grandes fallas abren el suelo

Fuente: (Magnaplus, 2014)
Elaborado por: El Autor

2.2 Información de publicaciones existentes en internet y verbales de profesionales.

Existen ya varias rehabilitaciones que se han hecho en el Ecuador después del terremoto del 16 de abril del 2016, pero muchas de ellas se han realizado por parte de entidades privadas. Razón por la cual la información de dichas rehabilitaciones es muy limitada, debido a que el sector privado limita al público sobre las mejoras que se han realizado en sus edificios. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos de los propietarios en mantener secretas las rehabilitaciones en sus inmuebles, en algunos casos es muy evidente, dado que se puede observar a simple vista el método de rehabilitación que se usó para reforzarlo.

A continuación, daremos un listado de los edificios que han sido rehabilitados o que se están ejecutando su rehabilitación:

- En el cantón Samborondón, específicamente en la urbanización Entre Ríos, se puede observar desde lejos a dos edificios rehabilitados. De nombre Milenium y Casas del Río, en ambos edificios, se ha usado el método de arrostramiento metálico. El estudio de rehabilitación fue encargado el PhD Walter Mera. La información que se muestra de los inmuebles es limitada.

- La Unidad de Vigilancia Comunitaria (UVC) o mejor conocido como Cuartel modelo ubicado en la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas. Comenzó su rehabilitación el mes de octubre del 2017. Cuenta con un plazo de 180 días, un costo de \$3'848.101,89 y se encuentra en ejecución la rehabilitación.



Figura 1: Unidad de Vigilancia Comunitaria
Fuente: (Universo, 2016)

- El edificio del Banco del Pacífico ubicado en la ciudad de Portoviejo, en las calles 10 de agosto y Avenida Chile. Su reforzamiento estructural consiste en la implementación de un pórtico de acero en la fachada de la calle 10 de agosto, donde actualmente tiene un volado. Este reforzamiento es parte del proyecto de rehabilitación del edificio, que actualmente se encuentra en ejecución.



Figura 2: Banco del Pacífico Portoviejo
Fuente: (Universo, 2016)

- El edificio de la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL) en la ciudad de Manta, donde también funciona el Banco del Fomento. Cuenta con 10 pisos y su rehabilitación comenzó a finales del mes de octubre de 2016. Consistió en la implementación de muros de corte, los cuales están ubicados en los sentidos X y Y. También se cambió las paredes interiores que eran de mampostería por un material más liviano como el Gypsum. Cabe mencionar que este edificio sufrió gran daño en componentes no estructurales y un leve daño en sus componentes estructurales, por lo que se salvó de la demolición.



Figura 3: Corporación Nacional de Electricidad Manta
Fuente: (Universo, 2016)

- La iglesia de Nono ubicada en Quito está siendo rehabilitada en sus muros que fueron fisurados y reemplazando de piezas de madera.



Figura 4: Iglesia Nono Quito
Fuente: (El Comercio, 2016)

- Los edificios multifamiliares de las ciudadelas Los Olivos y Los Tamarindos ubicados en la ciudad de Portoviejo, serán rehabilitados. La entidad que está encargada del proyecto es el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), que a su vez contrató a la Consultora Vera y Asociados (CVA) para que realicen un estudio y propongan dos alternativas para realizar la rehabilitación. La primera, añadir estructuras de pórticos y arriostramientos de acero visto (por fuera). Mientras que la segunda sería el reforzamiento de las columnas.



Figura 5: Los Olivos Portoviejo

Fuente: (Villacrés, 2016)



Figura 6: Los Tamarindos Portoviejo

Fuente: (Villacrés, 2016)

- La clínica Santa Margarita ubicada en la ciudad de Portoviejo, cuenta con dos bloques las cuales se encuentran conectados por un puente. Uno de los bloques resultó afectado severamente por el sismo del 16

de abril, razón por la cual, se demolieron dos losas. El costo de su rehabilitación fue de \$600.000 como informó el dueño de la clínica el señor Álvaro Párraga.



Figura 7: Clínica Santa Margarita Portoviejo

Fuente: (Villacrés, 2016)

- La iglesia María Auxiliadora ubicada en el cantón Pedernales, sufrió grandes daños, por lo que estuvo a punto de ser demolida. Entidades como la empresa Tía, sumado con la contribución de los moradores, lograron la reconstrucción de esta. La rehabilitación constó de desalojó de losas y conservación de las columnas que no fueron afectas. Sin embargo, se las reforzó colocando más estribos. Según (Suárez, 2016), contratista de la obra, la iglesia fue reinaugurada el 4 de noviembre del 2017 y su costo fue de \$400.000.



Figura 8: Iglesia María Auxiliadora Pedernales

Fuente: (El Diario, 2016)

- El edificio de la Facultad de Informática de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), ubicada en la ciudad de Manta, sufrió gran parte del daño en su mampostería. Se decidió al momento de realizar la rehabilitación cambiar la mampostería dañada por Gypsum.

Figura 9: Facultad de Informática. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí



Fuente: (Aguiar, 2016)

- El edificio del Palacio Municipal de la ciudad San Gregorio de Portoviejo. Su rehabilitación tendrá que ver con el derribo de toda la mampostería para ser reemplazada con gypsum, su rehabilitación terminará en el año 2019.



Figura 10: Palacio Municipal de la ciudad San Gregorio de Portoviejo

Fuente: (El Diario, 2016)

- El hotel Ceibo Real ubicado en la ciudad de Portoviejo en las calles Pio Montufar y la Avenida Manabí. Según (Tenelema, 2016), administrador del hotel, fue afectado en un 60 %. Parte de la

rehabilitación consistió en aliviar el edificio, reemplazando la mampostería con gypsum.



Figura 11: Hotel Ceibo Real Portoviejo

Fuente: (El Diario, 2016)

- El edificio de la Defensoría Pública ubicado en la ciudad de Portoviejo es otro de los edificios que el Estado ha dado visto bueno para su reparación, sin embargo, aún no ha sido ejecutada. El trabajo de consultoría para la rehabilitación fue adjudicado para la consultora Planprocons.



Figura 12: Defensoría Pública Portoviejo

Fuente: (Villacrés, 2016)

- El edificio Municipal de Manta, su rehabilitación consistió en el cambio de la mampostería de bloques con mampostería liviana con láminas de Gypsum, la Arquitecta Karla Espinoza se encargó de la rehabilitación



Figura 13: Edificio Municipal de Manta
Fuente: (El Diario, 2016)

- En el complejo California, sus edificaciones sufrieron daños, sus rehabilitaciones estuvieron a cargo de Ecuador Estratégico Empresa Pública (EEEP).



Figura 14: Complejo California
Fuente: (El Diario, 2016)

- El Mercado Central ubicado en la ciudad de Manta, su rehabilitación consistió en el reforzamiento en todas las columnas, que además serán atadas a la losa, para seguridad de las personas ante una próxima eventualidad natural.



Figura 15: Mercado Central Manta

Fuente: (Alcaldía de Manta, 2016)

- El hotel Chávez Inn ubicado en la ciudad de Manta, tendrá una demolición parcial en 2 plantas y se dejará el primer piso, más el mezanine con techado de poco peso, según indico el Comité de Operaciones de Emergencias (COE).

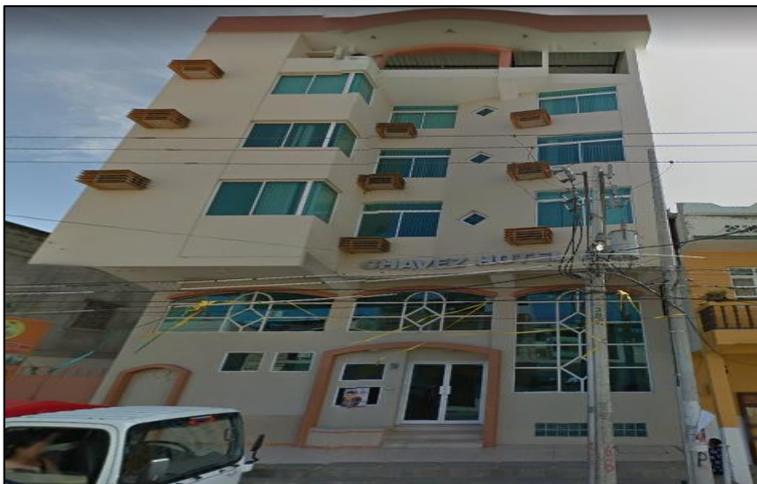


Figura 16: Hotel Inn Manta

Fuente: (Google Earth, 2016)

- El hotel Yam Yam ubicado en el cantón Pedernales en las calles Gonzales Suarez y Avenida Juan Pereira, fue gravemente afectado por el sismo. Para su rehabilitación se decidió ser demolido parcialmente dos de sus pisos (el edificio contaba con 6 pisos). Los trabajos de las demoliciones están a cargo de la compañía (Izquierdas-Izquierdo y Castro), la misma que fue contratada por el MTOP.



Figura 17: Hotel Yam Yam Pedernales

Fuente: (El Comercio, 2016)

Se hizo una investigación de algunas edificaciones en Pedernales, dando como resultado que la gran mayoría colapsaron o se prefirió no rehabilitarlas para su posterior demolición. Este es el caso edificio de la Municipalidad de Pedernales (GAD). Existe, también inmuebles a los cuales sus propietarios no desean demolerlos como es el caso del hotel Last Mar.

Aparte de las rehabilitaciones que se están realizando o se han hecho a edificaciones después del sismo del 16 de abril del 2016, existen varios estudios o propuestas de parte de profesionales para poder reforzar las edificaciones que han sufrido daños después del sismo. Se detallan:

- La Unidad de Vigilancia Comunitaria (UVC) de Manta ubicado en la ciudad de Manta, no sufrió daños estructurales, pero sí daños no estructurales como en las paredes en la planta baja. Según, (Aguar, 2016) se recomienda hacer el reforzamiento en base a lo siguiente:
 - Colocación de columnas bajo los voladizos.
 - Reconstruir la mampostería con Gypsum.
 - Colocar disipadores de energía sobre contravientos en forma de V invertida en los pórticos exteriores en sentido transversal.



Figura 18: Unidad de Vigilancia Manta

Fuente: (Aguiar, 2016)

- El Museo Centro Cultural ubicado en la ciudad de Manta, sufrió fisuras en las vigas de subsuelo y daño moderado en mampostería. Según (Aguiar, 2016), se recomienda para hacer el reforzamiento lo siguiente:
 - Reconstruir paredes dañadas con Gypsum.
 - Resane en pared de fachada principal.
 - Inyecciones de Resina Epóxica en todas las fisuras de vigas de Sótano.
 - Colocar disipadores de energía sobre diagonales en forma de V invertida en dos pórticos exteriores.



Figura 19: Museo Centro Cultural Manta

Fuente: (Aguiar, 2016)

- La Corporación Aduanera. (CAE) ubicado en la ciudad de Manta, sufrió daño en su mampostería y fisuras muy finas en columnas. Según, (Aguiar, 2016), se recomienda hacer el reforzamiento en base a lo siguiente:
 - Reconstrucción de paredes con Gypsum.
 - Inyecciones con resina epóxica.
 - Colocar disipadores de energía en pórticos exteriores.



Figura 20: Corporación Aduanera Manta

Fuente: (Aguiar, 2016)

- El hospital Rodríguez Zambrano, ubicado en la ciudad de Manta, algunos de los daños que sufrió fueron en su mampostería y daños en su cerámica de quirófanos. Según (Aguiar, 2016), se recomienda para hacer el reforzamiento lo siguiente:
 - Derrocamiento de Estructuras de lámina delgada.
 - Reconstruir paredes con Gypsum.
 - Reforzar con disipadores TADAS y ShearLink.



Figura 21: Hospital Rodríguez Zambrano Manta

Fuente: (Aguiar, 2016)

2.3 Información de prensa escrita

De los diarios El Universo y Expreso desde el 17 de abril de 2016 hasta el 17 de agosto de 2017 se clasificó la información importante acerca de las rehabilitaciones que se han efectuado en el país después del sismo del 16 de abril de 2016.

El sismo del 16 de abril fue de gran magnitud debido a que el epicentro del sismo ocurrió en uno de los puntos de mayor amenaza de terremotos del Ecuador porque allí se produce el proceso de subducción de la placa oceánica Nazca debajo de la placa Sudamericana. En Guayaquil resultaron afectados 250 inmuebles, de los cuales algunos eran de edificación mixta y sin diseño estructural. Más del 70% de la de las viviendas en el Ecuador se encuentran en lugares de alto riesgo sísmico.

Gran parte de los daños que han sufrido las edificaciones se debe a defectos de configuración estructural, comportamiento del suelo o errores de construcción como columna corta, piso suave, licuefacción, edificaciones adosadas (impacto lateral), columnas esbeltas, elevaciones irregulares, mala calidad de los materiales de construcción, planta irregular, etcétera

También hubo daños no estructurales como los producidos en la mampostería. Según (Mera, 2016), recomienda: si la mampostería está en posición de repararse que se repare, pero si ya está muy dañada que ya no se use mampostería, sino materiales más livianos como el drywall y el gypsum.

Para las reparaciones de los elementos no estructurales como reparación de recubrimiento o acabado de muros se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Retirar el mortero que se encuentra afectado, procurando que quede un corte homogéneo.
2. Limpiar, desinfectar e inmunizar si es el caso (muros en bahareque).
3. Aplicar el nuevo mortero de similares características a los del resto del inmueble.

4. Por ningún motivo junte morteros de cemento con mortero de cal u orgánicos, pues física y químicamente se comportan diferente ocasionando una futura afectación mayor.

Es necesario también tener en cuenta que gran parte de las pérdidas por el terremoto del 16 de abril de 2016 se dieron en los elementos no estructurales. Aunque en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15), si se especifican medidas para la construcción de los elementos estructurales y no estructurales, según (Argudo, 2016): Estas especificaciones no se pueden cumplir con los materiales de acabados y detalles constructivos actualmente usados en paredes de mamposterías no reforzadas, cielos falsos, tuberías rígidas, fachadas de vidrio frágiles, etcétera.

Un método para reforzar las estructuras para eventos sísmicos es el de usar Super Reinforcement with Flexibility (SRF), el cual fue inventado por el ingeniero estructural Shunichi Igarashi. El cual consiste en envolver con una banda adhesiva la columna para otorgarle más resistencia.

Otro método sísmo resistente es el uso de los disipadores de energía los cuales se instalan en la superestructura, y tienen como función disipar la energía que ocasiona el terremoto. Según, (Argudo, 2016) , así se asegura que la estructura no tenga mucho movimiento para que no fallen los elementos que la componen, por lo general el disipador de energía es de acero, aunque también se utilizan materiales visco-plásticos.

A continuación, hablaremos de edificaciones que han sufrido daños durante el terremoto del 16 de abril de 2016 y que fueron o están siendo rehabilitadas:

- Palacio de Justicia de Portoviejo, al cual se le realizará una rehabilitación que consiste en alivianar dos de los cinco bloques de la edificación y realizar un encamisado en las columnas principales para darles mayor resistencia y rigidez.



Figura 22: Palacio de Justicia Portoviejo

Fuente: (Villacrés, 2016)

- El edificio Samborondón Plaza, ubicado en el cantón Samborondón, cuya rehabilitación consistió en añadir nueve pórticos que se instalaron desde el subsuelo hasta el quinto piso, lo cual haría que los muros tomen mayor esfuerzo en los pisos inferiores mientras que los pórticos disiparan la energía en los pisos superiores. Este sistema es conocido como sistema dual.



Figura 23: Samborondón Plaza

Fuente: (Villacrés, 2016)

- El edificio del ex Banco La Previsora ubicado en Portoviejo. Este edificio no sufrió daños estructurales, pero sí daños no estructurales, por lo cual se recomendó desalojarlo para sus debidas reparaciones. Fue reinaugurado en enero del 2017 y su rehabilitación costó de 210 mil dólares.



Figura 24: Ex Bando Previsora Portoviejo

Fuente: (Villacrés, 2016)

- El centro penitenciario El Rodeo ubicado en Portoviejo, que está siendo rehabilitado por la empresa Mavisa S.A., la cual está colocando paredes portantes de hormigón prefabricadas para la reconstrucción de los pabellones.



Figura 25: Centro penitenciario El Rodeo

Fuente: (El Diario , 2016)

- La catedral de San Pedro Apóstol ubicada en Guayaquil no sufrió daños estructurales, pero sí daños no estructurales como en piezas ornamentales, mampostería, baldaquinos.



Figura 26: Catedral San Pedro Guayaquil

Fuente: (El Universo , 2016)

- La capilla del siglo XVII del Señor de los Milagros ubicada en Quito presentó daños y que ya fue rehabilitada en agosto de 2017. El trabajo consistió en colocación de muros portantes, impermeabilizar la cubierta y mantener los murales y pintura que existen en la histórica capilla. El costo de esta rehabilitación fue de \$100.000.



Figura 27: Capilla del Señor de los Milagros

Fuente: (El Comercio , 2016)

- En Guayaquil varias viviendas vetustas que sufrieron daños por el sismo recurrieron a hacer una rehabilitación con acero, la cual consistía en adherir perfiles de acero a las vigas y columnas para poder reforzarlas en caso de que otro sismo suceda.



Figura 28: Viviendas de Guayaquil

Fuente: (El Comercio, 2016)

- Al hotel Ceibo Dorado ubicado en Portoviejo se le realizó una rehabilitación, la cual consistió en la implementación de 43 disipadores de energía en las primeras cinco de las seis plantas del inmueble, que en caso de un nuevo movimiento disiparán las acumulaciones de energía para que no se afecte la estructura. Además, se reforzó con láminas de fibra de carbono ciertas columnas, en el pie y cabeza de columna, y se redujo la carga vertical reemplazando el hormigón en las paredes por gypsum en las divisiones interiores y con fibra de cemento las exteriores. Según (Cevallos, 2016), ambos materiales son más livianos y no se fracturan, por lo que no hay peligro de que las paredes le caigan a alguien encima durante un sismo.



Figura 29: Hotel Ceibo Dorado

Fuente: (Google Earth, 2016)

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Métodos de rehabilitación

El reforzamiento estructural tiene como objetivo hacer que la estructura afectada por un sismo sea habilitada nuevamente y que funcionen correctamente. Se dirige a incrementar la capacidad que tiene la estructura para soportar cargas. Los métodos de reforzamiento estructural ocasionan cambios en la rigidez, amortiguamiento y ductilidad de la estructural, por lo que estos factores se deben tomar en cuenta al momento de su aplicación.

Para seleccionar el método de rehabilitación más adecuado, se debe considerar los siguientes parámetros:

- Diagnóstico estructural
- Condiciones arquitectónicas y operacionales
- Materiales y mano de obra disponibles en el lugar
- Costos
- Plazos

Según (Yagual, 2014) , los métodos de rehabilitación más empleados, por los ingenieros estructurales en edificios son los siguientes:

- Ensanchamiento de la cimentación
- Reforzamiento con planchas de acero unidas
- Arriostramientos metálicos
- Pantallas en concreto reforzado (Muros de corte)
- Encamisado en concreto reforzado
- Encamisado metálico
- Platinas metálicas
- Adición de perfiles metálicos
- Contrafuertes
- Materiales Compuestos FRP
- Disipadores de energía
- Aislamiento sísmico

Los métodos de rehabilitación a estudiar en este proyecto son los siguientes:

3.1.1 Aligeramiento:

Este método, como su nombre lo indica, consiste en aliviar la estructura con el cambio de la mampostería por elementos más livianos como el gypsum. Según (Aguilar, 2016), las paredes con ladrillo o bloques son muy fuertes y rígidas en contraste con las paredes de gypsum que son livianas y flexibles. El peso de las primeras incluyendo enlucidos es aproximadamente 250 kg/m²; a diferencia de las segundas con peso de 40 kg/m². La diferencia entre ambos es significativa y un principio de la ingeniería sismo resistente es que mientras más liviana sea una construcción menores son las fuerzas sísmicas actuaran sobre ella durante un terremoto, haciendo que disminuya el cortante basal y las derivas que puedan tener la estructura durante un evento sísmico. Este método es una buena opción cuando la estructura solo ha sufrido daños en la mampostería, aunque este método no hace que la estructura resista cargas laterales en rendimientos más altos, como en las edificaciones que se catalogan esenciales.

Este método de reforzamiento está estipulado en el Federal Emergency Management Agency 274 (FEMA 274), en el capítulo 8 sección C.8.4.11.



Figura 30: Instalación de pared gypsum

Fuente: (Proarca, 2014)

3.1.2 Añadir elementos:

Este método consiste, como su nombre lo indica, en añadir elementos que otorguen a la estructura un mejor comportamiento durante el evento sísmico y así poder preservar las vidas de las personas. Este método por lo general se lo usa cuando la estructura ha sufrido daños en las vigas o columnas de consideración, por lo cual, añadir elementos haría que la estructura se comporte de una mejor manera durante el evento sísmico. Los elementos que se usaron para los edificios analizados son los siguientes: muros de corte y arriostramientos metálicos.

3.1.2.1 Muros de corte:

Son elementos estructurales que sirven para poder resistir cargas de origen vertical u horizontal. Su característica principal radica en que el ancho es mucho más pequeño que las demás dimensiones. Gracias a ellos se proporciona rigidez a ambas direcciones de las caras de los elementos. (Mora & Durán, 2013).

Posee por objetivo, resistir las fuerzas laterales (sismo o viento), además los muros rigidizan a la estructura haciendo que se reduzcan las deformaciones por lo cual también disminuirían los daños. (Jovita, 2012). Las funciones principales de los muros de corte son:

- Reducir los desplazamientos laterales, limitándolos al momento del sismo.
- Disminuir la vibración en la estructura
- Limitar las deformaciones de piso.

Para edificaciones de gran altura, se recomienda utilizar varios muros de corte, porque así tendremos un mejor reparto de los esfuerzos y así podremos aligerar los esfuerzos que vayan a hacer transmitidos a la cimentación.

Este método de reforzamiento está estipulado en el FEMA 274, en el capítulo 10 sección C.10.3.3.

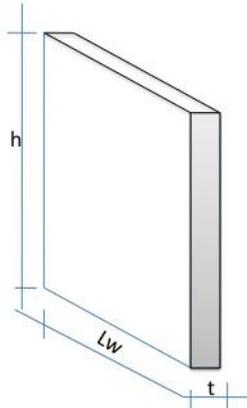


Figura 31: Muros de corte
Fuente: (Vásquez, 2012)

3.1.2.1 Posición del muro de corte

Los muros de corte pueden estar posicionados en la parte interior o en la parte exterior de una edificación, por lo general se los ubica en el exterior cuando existe impedimentos de espacio en el interior de las edificaciones, aunque al colocar los muros de corte en el exterior se puede aumentar la resistencia torsional de la edificación. En cambio, los muros de corte que son colocados en el interior por lo general se lo hacen en edificaciones de gran altura y son colocados de manera que formen el ducto por donde ira el ascensor. Pero antes de elegir en qué parte del exterior o interior van a ir colocados, se tiene que tener en cuenta que la posición que tendrá el muro de corte, dependerá en gran parte en buscar el sitio adecuado para que el centro de masas coincida con el centro de rigidez de la edificación, haciendo esto evitaremos que la estructura tenga torsión en planta. Para lograr esto se recomienda que, al momento de colocar los muros de corte, se los ubique de una forma simétrica.

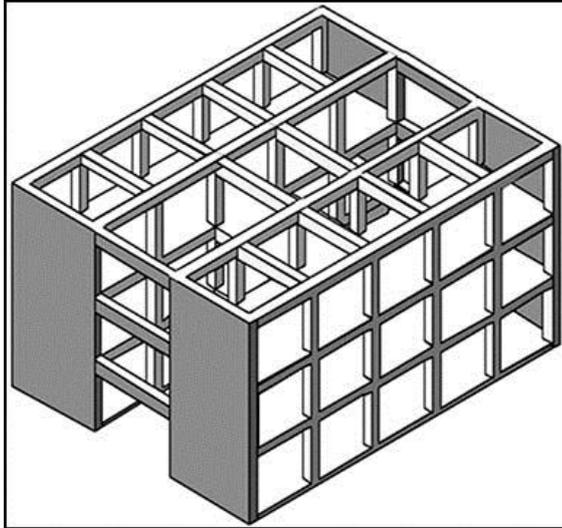


Figura 32: Muros de corte en la exterior fuente
Fuente: (Guevara, 2004)

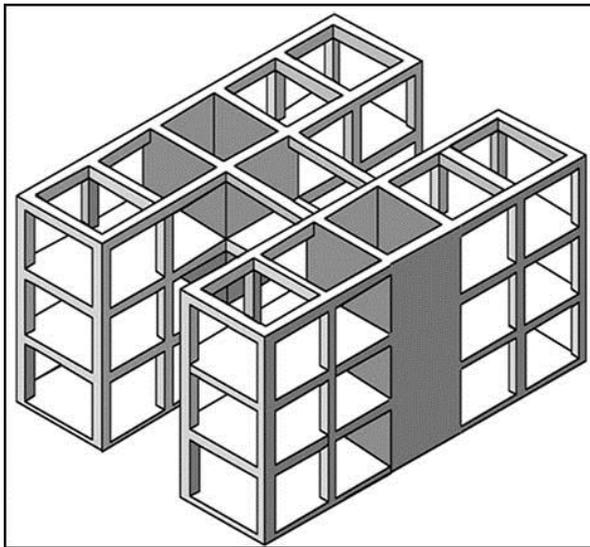


Figura 33: Muros de corte en el interior
Fuente: (Guevara, 2004)

3.1.2.2 Arriostramiento metálico:

El arriostramiento puede efectuarse de varias formas, tales como X, K y V, tal como se muestra en la Figura 34. Cuando se utilizan arriostramientos en X, las cargas son transmitidas hacia las columnas y no hacia las vigas. A diferencia del tipo V o K, que poseen la capacidad de enfrentar fuerzas de compresión.

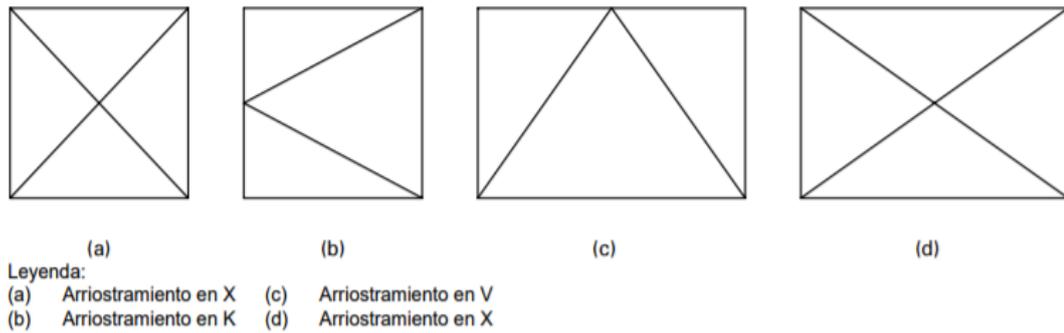


Figura 34: Tipos de arriostramientos

Fuente: (Vásquez, 2012)

Los arriostramientos en X se los estudia dado que los edificios multifamiliares de Los Olivos en Portoviejo, tiene como alternativa ese sistema. También conocidos como “en cruz” se suscitan fundamentalmente como elementos útiles para disminuir la carga de viento. En los años 70 se lo conoció como “contravientos”.

Diversos estudios realizados en base a los sismos considerables ocurridos en las últimas décadas demuestran (Venegas, 2014) que:

- Los diseños de estructura con arriostramiento del tipo X darán mejor resultados si los elementos se cortan en la intersección.
- Brinda control sobre las deformaciones que puedan presentar los pisos de la estructura.

Este método de reforzamiento está estipulado en el FEMA 274, en el capítulo 10 sección C.10.3.4.3, donde nos indica que la mejor configuración para el arriostramiento metálico es en X, dado con esta configuración las vigas de piso no tiene que absorber parte de las cargas laterales, si no las columnas.



Figura 35: Alternativa de rehabilitación Los Olivos.
Fuente: (MIDUVI, 2017)

3.1.3 Mejorar el desempeño de elementos existentes

3.1.3.1 Recrecido o encamisado de concreto

Es una técnica que simplemente consiste en el aumento de la sección de la columna, dado que se agrega refuerzo longitudinal y transversal (estribos) o una malla electrosoldada alrededor de la columna que tenga daño y se la recubre con hormigón tradicional o proyectado. El encamisado aparte de restaurar a la columna que haya sufrido daño hace que aumente su rigidez y resistencias actuales. Este método ayuda para que la resistencia axial, cortante y flexión aumente en la columna, para que esto suceda el refuerzo longitudinal debe continuar hacia la losa siguiente. Usar malla electrosoldada hace que se incremente la resistencia axial y el cortante en las columnas, por lo tanto, la ductilidad de la columna incrementara también, aunque esto también podría suceder con usando refuerzo longitudinal y transversal debido a que, al encamisar la columna, se aumenta la sección de esta, por lo tanto, el cortante aumenta su capacidad más que la resistencia a flexión, otorgando mayor capacidad de ductilidad al corte. Este método también ayuda al núcleo de concreto existente a absorber y distribuir las cargas hacia el cimiento. En cuanto al tipo de hormigón usado en el encamisado, según su diferencia se encuentra:

3.1.3.1.1 Encamisado con hormigón tradicional:

Para la realización del recredido se usa un hormigón el que se vierte por medio del encofrado. Se utiliza un tamaño máximo de árido reducido y optimizar el ritmo de trabajo. Se puede situar la capa mínima de hormigón en 10 centímetros. El buen manejo de los recursos permite lograr reducción en los espesores del hormigón.

3.1.3.1.2 Encamisado con hormigón proyectado:

El hormigón se proyecta sobre el acero de refuerzo por medio de una manguera lo cual permite dar mayor resistencia y adhesión. A través de las nuevas técnicas se puede reducir el espesor de cuatro a cinco centímetros, se sugiere no disminuir menos de esta cantidad para el espesor en los pilares.

Este método de reforzamiento está estipulado en el FEMA 274, en el capítulo 6 sección C.6.5.



Figura 36: Recrecido o encamisado.
Fuente: (Epachon, 2014)

3.2 Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 (NEC-15)

3.2.1 Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico

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.

Tabla 4
Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ Kpa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50$ kPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ kPa

Fuente: NEC-SE-DS
Elaborado por: El Autor.

3.2.2 Zonificación sísmica y factor de zona Z

“Para los edificios de uso normal, se usa el valor de Z, que representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad” (NEC-SE-DS)

El proceso en donde se estima la respuesta de la estructura bajo la excitación sísmica es conocido como la microzonificación. Por esta razón, se produce la variación en las sacudidas sísmicas de la superficie según los datos históricos.

Brinda la subdivisión de las zonas teniendo en cuenta las sacudidas y peligros provocados. (Vidal & Antonio García, 2010)

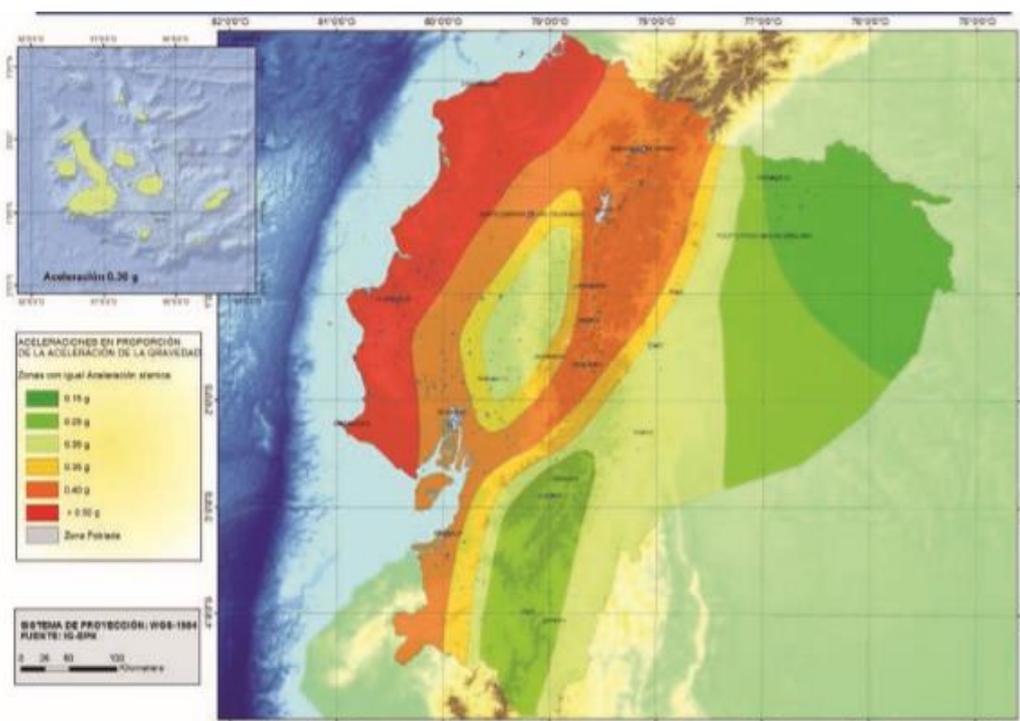


Figura 37: Ecuador, zonas sísmicas para diseño y valor del factor de zona Z
Fuente: (NEC-SE-DS, 2014)

Todo el territorio ecuatoriano está catalogado como de amenaza sísmica alta, con excepción del:

- Nororiente que presenta una amenaza sísmica intermedia,
- Litoral ecuatoriano que presenta una amenaza sísmica muy alta.

Tabla 5
Valores del factor Z en función de la zona sísmica

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor z	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	≥ 0,5
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Fuente: NEC-SE-DS
Elaborado por: El Autor.

3.2.3 Espectro de respuesta elástico de aceleraciones

Los parámetros para formar el espectro vienen definidos en el capítulo de Peligro Sísmico (NEC-SE-DS, 2014), por las siguientes formulas:

- $Sa = zFa$ para $T=0$ Ec.(1)
- $Sa = zFa(1 + (\eta - 1)T/T_0)$ para $0 \leq T < T_0$ Ec. (2)
- $Sa = \eta zFa$ para $T_0 < T < T_c$ Ec. (3)
- $Sa = \eta zFa \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$ para $T \geq T_c$ Ec. (4)
- $T_0 = 0.1Fs \frac{Fd}{Fa}$ Ec. (5)
- $T_c = 0.55Fs \frac{Fd}{Fa}$ Ec. (6)

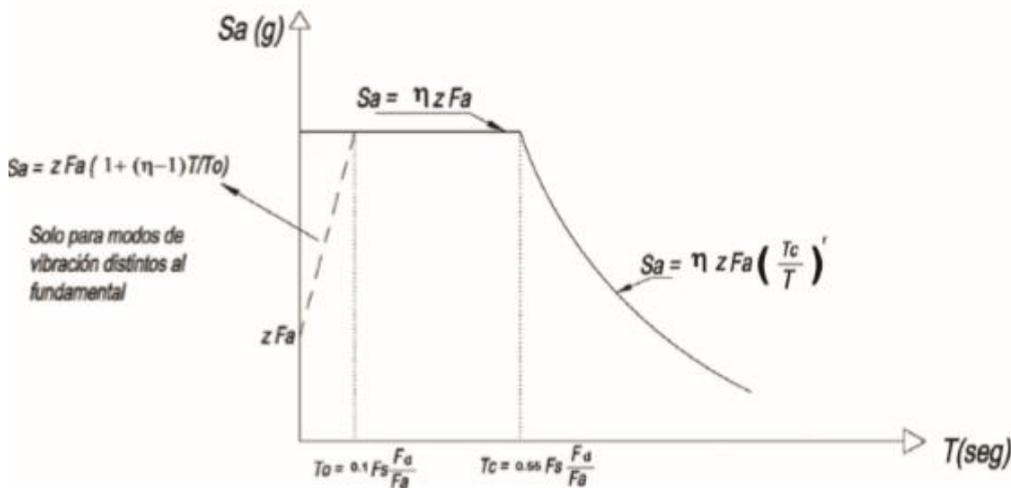


Figura 38: Espectro sísmico elástico de aceleraciones

Fuente: NEC-SE-DS

Donde:

η Razón entre la aceleración espectral Sa ($T= 0.1s$) y el PGA para el Período de retorno seleccionado.

Fa Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de Período corto. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerado los efectos del sitio.

Fd Coeficientes de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

Fs Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la

intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.

S_a Espectros de respuestas 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.

T₀ Período límite de la vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo 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 todos los suelos, con excepción del suelo tipo E.

r = 1.5 para tipo de suelo E.

Los valores de la relación de amplificación espectral η varían de acuerdo con la región del Ecuador donde se ubique la estructura:

- $\eta = 1,80$: Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas),
- $\eta = 2,48$: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
- $\eta = 2,60$: Provincias del Oriente

3.2.4 Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs

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

Tabla 6
Coefficientes de perfil de suelo Fa 2015

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	≥ 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	0,85

Fuente: NEC-SE-DS
Elaborado por: El Autor.

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

Tabla 7
Coefficientes de perfil de suelo Fd

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	≥ 0,5
A	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
B	1	1	1	1	1	1
C	1,36	1,28	1,19	1,15	1,11	1,06
D	1,62	1,45	1,36	1,28	1,19	1,11
E	2,1	1,75	1,7	1,65	1,6	1,5

Fuente: NEC-SE-DS
Elaborado por: El Autor.

-Fs: Comportamiento no lineal de los suelos

Tabla 8
Coeficientes de perfil de suelo Fs

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	≥ 0,5
A	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
B	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
C	0,85	0,94	1,02	1,06	1,11	1,23
D	1,02	1,06	1,11	1,19	1,28	1,4
E	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2

Fuente: NEC-SE-DS
 Elaborado por: El Autor.

3.2.5 Período de vibración

Se utilizará la siguiente fórmula:

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

Dónde:

C_t Coeficiente que depende del tipo de edificio

h_n Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.

T Período de vibración

Para los coeficientes C_t y α existe la siguiente tabla:

Tabla 9
Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs

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

Fuente: NEC-SE-DS
 Elaborado por: El Autor

3.2.6 Espectro elástico de diseño en desplazamientos

Para la definición de los desplazamientos espectrales elásticos para diseño, se utilizará el siguiente espectro elástico de diseño de desplazamientos S_d (en metros) definido a partir del espectro de aceleraciones, mediante la siguiente fórmula:” (Fuente: NEC-SE-DS)

$$\bullet S_d = S_a(g) \cdot (T/2\pi)^2 \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_L \quad \text{Ec.(8)}$$

$$\bullet S_d = S_a(g) \cdot (T_L/2\pi)^2 \quad \text{para } T > T_L \quad \text{Ec.(9)}$$

Donde:

g Aceleración de la gravedad.

S_d Es el espectro elástico de diseño de desplazamientos (definido para una fracción del amortiguamiento respecto al crítico igual a 5%). Depende del período o modo de vibración de la estructura.

TL Es el período límite de vibración utilizado para la definición de espectro de respuesta en desplazamientos (para suelos tipo D y E no deber ser mayor o igual a 4).

Donde TL se calcula de la siguiente formula:

$$T_L = 2,4F_d \quad \text{Ec.(10)}$$

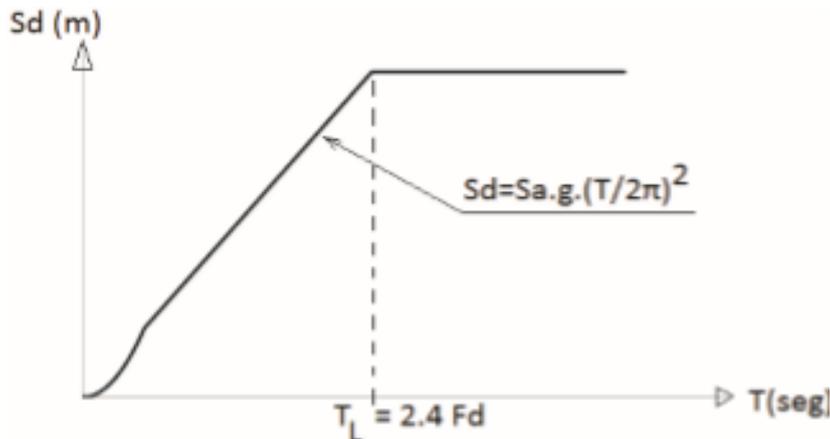


Figura 39: Espectro sísmico elástico de desplazamientos para diseño
Fuente: NEC-SE-DS

3.2.7 Deriva máxima

Se calcula la deriva con la siguiente formula:

$$\bullet \Delta M = \frac{S_d}{H} \times 0,75 \quad \text{Ec.(11)}$$

Donde:

ΔM Es la deriva máxima

S_d Es el desplazamiento obtenido en el Período de vibración de la estructura

H Es la altura de la estructura

3.2.8 Límites de derivas de piso

Las derivas no deberán exceder a las que se presentarán a continuación:

Tabla 10
Valores de deriva máxima

Estructuras de:	ΔM Máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0,02
De mampostería	0,01

Fuente: NEC-SE-DS
Elaborado por: El Autor

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

3.3.1 Zonificación sísmica y factor de zona Z

La zonificación sísmica y factor de zona Z para la norma NEC-11 es igual a la norma NEC-15, por eso los Valores de Z para las siguientes ciudades son:

- Portoviejo $Z=0,5$
- Manta $Z=0,5$
- Bahía de Caráquez $Z=0,5$

3.3.2 Espectro de respuesta elástico de aceleraciones

El espectro de respuesta elástica de aceleraciones de la NEC-11 es similar al de la NEC-15, por lo que las fórmulas y la construcción del espectro es igual en ambas normas, solo cambian los coeficientes F_a , F_d y F_s

3.3.3 Coeficientes de perfil de suelo F_a , F_d y F_s

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

Tabla 11
Coeficientes de perfil de suelo Fa NEC-11

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
	valor Z (Aceleración esperada en roca, \dot{g})	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	$\geq 0,5$
A		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
B		1	1	1	1	1	1
C		1,4	1,3	1,25	1,23	1,2	1,18
D		1,6	1,4	1,3	1,25	1,2	1,15
E		1,8	1,5	1,4	1,28	1,15	1,05

Fuente: NEC-SE-DS
 Elaborado por: El Autor

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

Tabla 12
Coeficientes de perfil de suelo Fd NEC-11

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
	valor Z (Aceleración esperada en roca, \dot{g})	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	$\geq 0,5$
A		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
B		1	1	1	1	1	1
C		1,6	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

Fuente: NEC-SE-DS
 Elaborado por: El Autor

-Fs: Comportamiento no lineal de los suelos

Tabla 13
Coefficientes de perfil de suelo Fs NEC-11

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
	valor Z (Aceleración esperada en roca, \dot{g})	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	$\geq 0,5$
A		0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
B		0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
C		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

Fuente: NEC-SE-DS
 Elaborado por: El Autor

3.3.4 Coeficiente sísmico

El coeficiente sísmico se determina de la siguiente formula:

$$CS = \frac{IS_a(T_a)}{R\phi_P\phi_E} \quad \text{Ec.(12)}$$

Donde:

- $S(T_a)$** 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
- T_a** Período de vibración

3.3.5 Coeficientes de configuración en planta y elevación (ϕ_P y ϕ_E)

“Penalizan el diseño, con el fin de tomar en cuenta las irregularidades tanto en planta como en elevación de la estructura, estos coeficientes aumentan el valor del cortante”. (NEC-SE-DS). En caso de que no haya irregularidades en planta y elevación, el valor del coeficiente será igual a 1 respectivamente.

IRREGULARIDAD PENALIZADA EN PLANTA	
<p>Tipo 1 - Irregularidad torsional $\phi_{P1}=0.9$ $\Delta > 1.2 \frac{(\Delta 1 + \Delta 2)}{2}$</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 $\phi_{P2}=0.9$ $A > 0.15B$ 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 $\phi_{P3}=0.9$ 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 $\phi_{P4}=0.9$</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>	

Figura 40: Coeficiente de irregularidad en planta
Fuente: NEC-SE-DS

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>	

Figura 41: Coeficiente de irregularidad en elevación
Fuente: NEC-SE-DS

3.3.6 Coeficiente de importancia (I)

“El propósito del factor 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-SE-DS).

Tabla 14
Coeficientes de importancia

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Factor
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 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

Fuente: (NEC-SE-DS, 2014)
Elaborado por: El Autor

3.3.7 Factor de reducción de resistencia sísmica (r)

Se clasifican en dos 2 grupos: los sistemas estructurales dúctiles y los sistemas estructurales de ductilidad limitada

Tabla 15
Sistemas Estructurales Dúctiles

Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales Dúctiles	
Sistemas Duales	
Pórticos espaciales 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
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 espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	6
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	6
Pórticos espaciales 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 espaciales sismo-resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

Fuente: (NEC-SE-DS, 2014)
Elaborado por: El Autor

Tabla 16
Sistemas Estructurales de Ductilidad limitada

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 el capítulo 4, limitados a 2 pisos	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

Fuente: (NEC-SE-DS, 2014)
Elaborado por: El Autor

3.3.8 Período de vibración

Para el Período de vibración si utiliza la misma fórmula de la ecuación 7, solo cambian los coeficientes C_t y α

Tabla 17
Coeficientes C_t y α

Tipo de estructura	C_t	α
Para estructuras de acero sin arriostramientos	0,072	0,8
Para estructuras de acero con arriostramientos	0,073	0,75
Para pórticos espaciales de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0,047	0,9
Para pórticos espaciales de hormigón armado con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructura	0,049	0,75

Fuente: NEC-SE-DS
Elaborado por: El Autor

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

3.4.1 Cortante Basal

Se utilizará la siguiente formula:

- $V = I K C S W$ Ec.(13)

Donde:

I Es el factor de importancia de ocupación.

K Es el factor de fuerza horizontal para edificios u otras estructuras.

C Es el coeficiente numérico.

S Es el 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.

3.4.2 Factor de importancia de ocupación (I)

Tabla 18
Factor de importancia de ocupación

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: NEC-SE-DS
Elaborado por: El Autor

3.4.3 Factor de fuerza horizontal para edificios u otras estructuras.

Tabla 19
Factor de importancia de ocupación

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

Tipo o disposición de los elementos resistentes	Valor de K
<p>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:</p>	0,8
<p>(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.</p>	
<p>(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.</p>	
<p>(3) El pórtico espacial dúctil resistente a flexión debe tener la capacidad para resistir por lo menos el 25% de la fuerza lateral requerida.</p>	0,67
<p>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.</p>	
<p>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)</p>	2,5
<p>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)</p>	2,5
<p>Estructuras que no sean edificios.</p>	2

Fuente: NEC-SE-DS
Elaborado por: El Autor

3.4.4 Coeficiente numérico (C)

Se lo obtiene de la siguiente formula:

- $C = \frac{1}{15\sqrt{T}}$ Ec.(14)

Donde:

T Es el Período elástico fundamental de vibración de la estructura.

El valor de C no debe ser mayor o igual a 0,12.

3.4.5 Período elástico fundamental de vibración de la estructura

Se lo obtiene de la siguiente formula:

- $T = \frac{0,09h_n}{\sqrt{D}}$ Ec.(15)

Donde:

h_n Es la altura máxima de la estructura.

D La dimensión de la estructura, en dirección paralela a las fuerzas aplicadas.

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

Para calcular S, se necesita el Período característico de sitio (Ts), cuando no se lo conoce, el valor S es el siguiente:

- $S = 1,5$

3.4.7 Coeficiente Sísmico

Se lo obtiene de la siguiente formula:

- $$\text{Coeficiente Sísmico} = C \times S \quad \text{Ec.(16)}$$

El valor del coeficiente sísmico no debe ser mayor o igual a 0,14.

3.5 Factor de reducción de resistencia sísmica efectivo (R)

Se lo obtiene de la siguiente formula:

- $$R_{\text{efectivo}} = \frac{\text{Sa elástico del periodo de vibración de la estructura}}{\text{CS del año de diseño de la estructura}} \quad \text{Ec.(17)}$$

CAPÍTULO IV

COMPORTAMIENTO DE LAS EDIFICACIONES DURANTE EL SISMO DEL 16 DE ABRIL DE 2016

En este capítulo se expondrá la memoria de cálculo, la cual servirá para tener una mejor percepción de los daños que ocasiono el sismo.

4.1. Determinación del valor de Z en Portoviejo:

El acelerógrafo de la ciudad de Portoviejo se encuentra sobre un suelo tipo D, el cual tuvo una aceleración del suelo en superficie (F_{aZ}) de 0,38g (IGEPN, 2017), lo cual lo llevaremos a una aceleración máxima en roca (Z), siguiendo los pasos a continuación:

1. $F_{aZ}=0,38g$
2. Se asumirá un valor de Z cercano al de la aceleración del suelo en superficie, $Z=0,35g$
3. Con el valor de Z y el tipo de suelo, obtendremos el valor de $F_a=1,25$ de la tabla 3 del capítulo 3.
4. Con este valor de F_a se lo reemplaza en el paso 1 lo cual obtendremos el valor de Z corregido:

$$F_{aZ} = 0,38g$$

$$Z = \frac{0,38g}{F_a}$$

$$Z = \frac{0,38g}{1,25}$$

$$Z = 0,304g \approx 0,30g$$

5. Se vuelve a corregir el valor de Z, esta vez asumiendo un $Z=0,30g$
6. Con el nuevo valor de Z y el tipo de suelo, obtendremos el valor de $F_a=1,3$ de la tabla 3 del capítulo 3.
7. Con este valor de F_a se lo reemplaza en el paso 1 lo cual obtendremos el valor de Z corregido:

$$F_{aZ} = 0,38g$$

$$Z = \frac{0,38g}{F_a}$$

$$Z = \frac{0,38g}{1,3}$$

$$Z = 0,293g \approx 0,30g$$

8. Se concluye que con las dos correcciones que se hizo al valor de Z debe ser igual a 0,30g para Portoviejo

4.1.1. Ex Banco La Previsora de Portoviejo

4.1.1.1 Datos generales del edificio:

Tabla 20

Datos generales del edificio Ex Banco La Previsora de Portoviejo

Año de construcción	1998
Altura	41 metros
Dimensión	47,48 x 20,68 x 34,39 x 16,93
Ubicación	Avenida Olmedo entre las calles Córdova y Sucre, de la ciudad de Portoviejo.
Método de reforzamiento	Aligeramiento

Fuente: (Administración Edificio Ex Banco La Previsora, 2018)

Elaborado por: El Autor



Figura 42: Ubicación Ex Banco La Previsora

Fuente: (Google Earth, 2016)

4.1.1.2 Daños ocasionados por el sismo:

Tabla 21

Daños ocasionados por el sismo en el Ex Banco La Previsora de Portoviejo



Daño en la mampostería, se observan grietas y separación de la pared con la columna.

Figura 43: Daño en la mampostería Ex Banco La Provisora

Fuente: (PLANPROCONS, 2016)



Daño de la mampostería, debido al golpeteo del edificio adyacente.

Figura 44: Daño en la mampostería Ex Banco La Provisora

Fuente: (PLANPROCONS, 2016)



Figura 45: Fachada de Ex Banco La Previsora
Fuente: (PLANPROCONS, 2016)

En esta imagen se puede apreciar que en la fachada hubo grietas en la mampostería de los pisos intermedios y que el hormigón de recubrimiento se desprendió.

Fuente: El Autor
Elaborado por: El Autor

4.1.1.3 Tipo de Suelo

Según el informe entregado por la administración del edificio Banco Ex Previsora: se determinó el tipo de suelo mediante perforaciones realizadas alrededor del edificio, estas perforaciones se hicieron hasta una profundidad de 15,45 metros, siguiendo las recomendaciones de la norma ASTM D1586-97 lo cual también cumpliría con la NEC-15 (en la NEC-15 sugieren que se analice los 30 metros superiores del perfil). Una vez terminada las perforaciones se usó el ensayo de Downhole para obtener la velocidad de ondas de corte (V_s), dicho resultado dio de 132,94 m/s, lo cual comparamos con los valores de la tabla 4 del capítulo 3, lo cual nos indica que el tipo de suelo del edificio Ex Banco La Previsora sería un suelo tipo E.

4.1.1.4 Determinación del espectro de respuesta elástico del sismo según NEC- 15

Se obtiene los coeficientes de F_a , F_d y F_s de las tablas 6,7 y 8 del capítulo 3 respectivamente.

Tabla 22
Coefficientes de Fa, Fd y Fs de 15 Ex Banco La Previsora de Portoviejo

TIPO DE SUELO	Fa	Fd	Fs
E	1,25	1,7	1,7

Fuente: (NEC-SE-DS, 2014)

Elaborado por: El Autor

Los valores de razón entre la aceleración espectral (η), el factor usado en el espectro de diseño elástico (r) y el valor de Z son los siguientes:

Tabla 23
Valores para Determinación del espectro según NEC-15 Ex Banco La Previsora de Portoviejo

Z	0,3
η	1,8
r	1,5

Fuente: (NEC-SE-DS, 2014)

Elaborado por: El Autor

Conociendo los valores anteriores procederemos a calcular T0 y Tc con la ecuación 5 y 6 respectivamente. Lo cual nos queda un valor de:

Tabla 24
T0 y Tc Ex Banco La Previsora de Portoviejo

To (seg)	Tc (seg)
0,23	1,27

Fuente: El Autor

Elaborado por: El Autor

Obtenido los Períodos límites, se procederá a armar el espectro de respuesta elástica, con las siguientes consignas:

- Para los valores desde 0 hasta 0,23 se utilizará la ecuación 2.
- Para los valores desde 0,23 hasta 1,27 se utilizará la ecuación 3.
- Para los valores mayores o iguales a 1,27 se utilizará la ecuación 4.

Lo cual nos da como resultado la siguiente tabla:

Tabla 25
Espectro de respuesta elástica de Ex Banco La Previsora de Portoviejo

T	Sa
0,00	0,38
0,23	0,68
1,27	0,68
1,37	0,60
1,47	0,54
1,56	0,50
1,57	0,49
1,67	0,45
1,77	0,41
1,87	0,38
1,97	0,35
2,07	0,32
2,17	0,30
2,27	0,28
2,37	0,27
2,47	0,25
2,57	0,23
2,67	0,22
2,77	0,21
2,87	0,20
2,97	0,19
3,07	0,18
3,17	0,17
3,27	0,16
3,37	0,16
3,47	0,15

T	Sa
3,57	0,14
3,67	0,14
3,77	0,13
3,87	0,13
3,97	0,12
4,00	0,12
4,08	0,12
4,18	0,11
4,28	0,11
4,38	0,11
4,48	0,10
4,58	0,10
4,68	0,10
4,78	0,09
4,88	0,09
4,98	0,09
5,08	0,08
5,18	0,08
5,28	0,08
5,38	0,08
5,48	0,08
5,58	0,07
5,68	0,07
5,78	0,07
5,88	0,07

Fuente: El Autor
 Elaborado por: El Autor

Con estos resultados se formará el espectro de respuesta elástico:

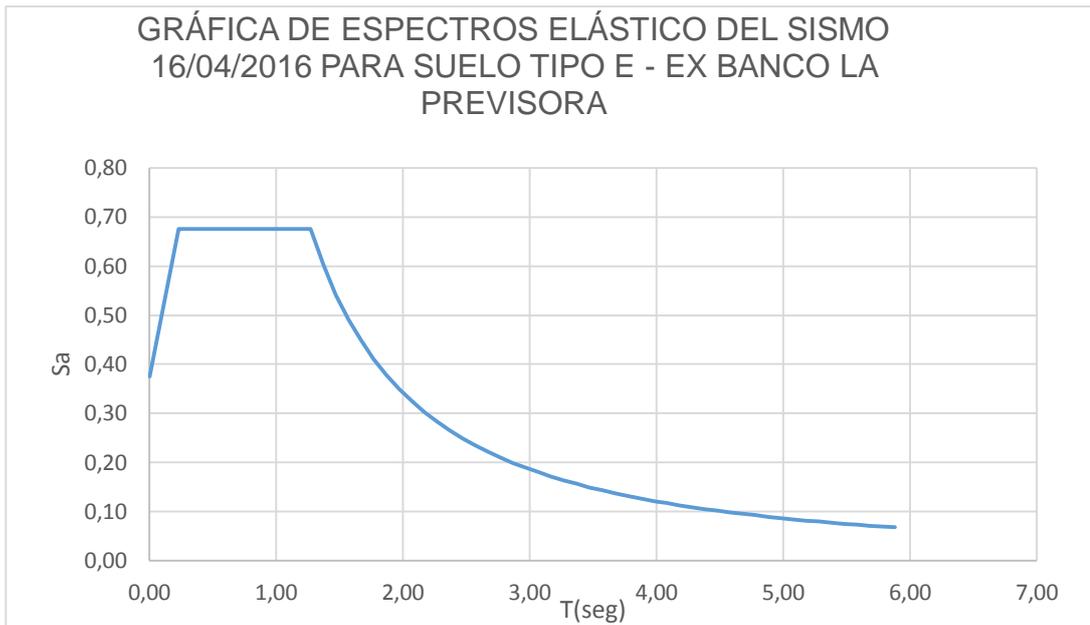


Figura 46: Espectros elástico del sismo 16/04/2016 para suelo tipo e - ex banco la previsora

Fuente: El Autor

Luego se procederá a calcular el Período de vibración de la estructura con la ecuación 7:

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Con la tabla 9 obtendremos los coeficientes C_t y α , lo cual serán 0,055 y 0,9 respectivamente, debido a que el edificio del Ex Banco La Previsora no cuenta con muros estructurales ni diagonales rigidizadores según las fotos que se pudo observar. Se procederá a reemplazar en la ecuación 7:

$$T = 0,055 \times 41^{0,9}$$

$$T = 1,56 \text{ segundos}$$

Nos damos cuenta de que el Período de vibración de la estructura es mayor al T_c , por lo tanto, no se encuentra en la meseta del espectro de respuesta elástico, si no, está después de la meseta, por lo cual, para calcular el espectro de respuesta elástico en el Período de vibración de la estructura, se utilizara la ecuación 4:

$$S_a = \eta z F a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$$

$$S_a = 1,8 \times 0,3 \times 1,25 \left(\frac{1,27}{1,56}\right)^{1,5}$$

$$S_a = 0,50g$$

4.1.1.5 Determinación del espectro de desplazamiento elástico

Procederemos a calcular T_L con la ecuación 10:

$$T_L = 2,4F_d$$

$$T_L = 2,4 \times 1,7$$

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

El valor de T_L será 4 segundos debido a que el edificio está sobre suelo tipo E. Sabiendo que T_L es mayor a T , se utilizara la ecuación 8:

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

$$S_d = 0,5 \times 9,81 \cdot (1,56/2\pi)^2$$

$$S_d = 0,30 \text{ metros}$$

4.1.1.6 Determinación de la deriva inelástica del edificio

Utilizaremos la ecuación 11:

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

$$\Delta M = \frac{0,3}{41} \times 0,75$$

$$\Delta M = 0,0055$$

$$\Delta M = 0,55\%$$

4.1.1.7 Determinación del coeficiente sísmico de diseño

Como el edificio fue construido en el año 1998, se debió haber diseñado con el Código Ecuatoriano de la Construcción de 1979 (CEC-79). Procederemos a calcular el Período elástico fundamental de vibración de la estructura con la ecuación 15:

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

$$T = \frac{0,09 \times 41}{\sqrt{47,48}}$$

$$T = 0,54 \text{ segundos}$$

Después se calcula el coeficiente numérico con la ecuación 14:

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

$$C = \frac{1}{15\sqrt{0,54}}$$

$$C = 0,091$$

El valor coeficiente numérico de resonancia entre la estructura y el sitio es:

$$S = 1,5$$

Obtenido C y S calcularemos el coeficiente sísmico de la ecuación 16 de diseño:

$$CS = 0,091 \times 1,5$$

$$CS = 0,136$$

4.1.1.8 Determinación de R efectivo

Se usará la ecuación 17:

$$R_{efectivo} = \frac{Sa \text{ del periodo de vibracion de la estructura}}{CS \text{ del año de diseño de la estructura}}$$

$$R_{efectivo} = \frac{0,50}{0,137}$$

$$R_{efectivo} = 3,65$$

4.1.2 Edificio Multifamiliar Los Olivos de Portoviejo

4.1.2.1 Datos generales del edificio:

Tabla 26
Datos generales del edificio Los Olivos

Año de construcción	1992
Altura	10,80 metros
Dimensión	18,50 x 17,42
Ubicación	Avenida del Ejército y Ciudadela Los Olivos
Método de reforzamiento	Arriostramiento Metálico

Fuente: (MIDUVI, 2017)
Elaborado por: El Autor



Figura 47: Ubicación Edificio Multifamiliar
Fuente: (Google Earth, 2016)

4.1.2.2 Daños ocasionados por el sismo:

4.1.2.2.1 Daño estructural

Tabla 27

Daños estructurales causados al edificio Los Olivos



Desprendimiento del hormigón, que deja el acero al expuesto a la intemperie.

Figura 48: Desprendimiento de hormigón edificio Los Olivos

Fuente: (Rodríguez, 2016)



En la foto se puede observar que hubo rótula plástica en la parte inferior de la columna.

Figura 49: Rótula plástica inferior edificio Los Olivos

Fuente: (Rodríguez, 2016)



En la foto se puede observar que hubo rótula plástica en la parte superior de la columna.

Figura 50: Rótula plástica superior edificio Los Olivos
Fuente: (Rodríguez, 2016)



En la foto se puede apreciar que hubo derivas significativas en el edificio multifamiliar de Los Olivos.

Figura 51: Derivas significativas edificio Los Olivos
Fuente: (Rodríguez, 2016)

Fuente: El Autor
Elaborado por: El Autor

4.1.2.2 Daños no estructurales

Tabla 28

Daños no estructurales edificio Los Olivos



Figura 52: Daños en la mampostería inferior edificio Los Olivos.

Fuente: (Rodríguez, 2016)

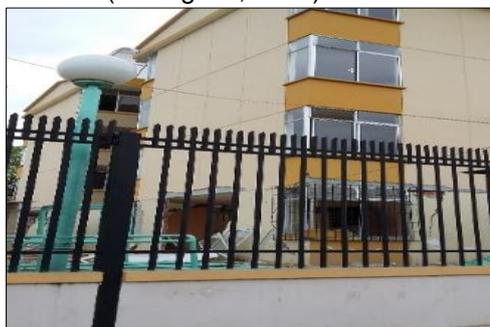


Figura 53: Daños en la mampostería inferior edificio Los Olivos.

Fuente: (Rodríguez, 2016)

En las dos fotos se puede apreciar que hubo daños de consideración en la mampostería de la parte baja del edificio multifamiliar de Los Olivos.



Figura 54: Desprendimiento de hormigón de recubrimiento de fachada edificio Los Olivos

Fuente: (Rodríguez, 2016)

En esta foto se puede observar que hubo desprendimiento del hormigón de recubrimiento en la fachada.



Figura 55: Mampostería del segundo bloque de los edificios multifamiliares Los Olivos

Fuente: (Rodríguez, 2016)



Figura 56: Mampostería del segundo bloque de los edificios multifamiliares Los Olivos

Fuente: (Rodríguez, 2016)

Fuente: El Autor

Elaborado por: El Autor

En estas fotos se pueden observar que hubo daños en la mampostería del segundo bloque de los edificios multifamiliares de Los Olivos.

4.1.2.3 Tipo de Suelo

Según (MIDUVI, 2017), se determinó el tipo de suelo mediante 3 perforaciones realizadas alrededor del edificio, estas perforaciones se hicieron a profundidades de 30 y 50 metros, cumpliendo con la NEC-15 (en la NEC-15 sugieren que se analice los 30 metros superiores del perfil). Una vez terminada las perforaciones se usó el ensayo REMI+MASW para obtener la velocidad de ondas de corte (V_s), se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 29
REMI+MASW edificio Los Olivos

Sondeo	Vs30 (m/s)	Vs50 (m/s)
REMI+MASW-1	254	316
REMI+MASW-2	232	352
REMI+MASW-3	245	342

Fuente: (MIDUVI, 2017)
 Elaborado por: El Autor

Lo cual comparamos con los valores de la tabla 4 del capítulo 3, lo cual nos indica que el tipo de suelo del edificio Multifamiliar Los Olivos sería un suelo tipo D.

4.1.2.4 Determinación del espectro de respuesta elástico del sismo según NEC- 15

Se obtiene los coeficientes de F_a , F_d y F_s de las tablas 6, 7 y 8 del capítulo 3 respectivamente.

Tabla 30
Coeficientes de F_a , F_d y F_s de NEC-15 edificio Los Olivos

TIPO DE SUELO	F_a	F_d	F_s
D	1,3	1,36	1,11

Fuente: (NEC-SE-DS, 2014)
 Elaborado por: El Autor

Los valores de razón entre la aceleración espectral (η), el factor usado en el espectro de diseño elástico (r) y el valor de Z son los siguientes:

Tabla 31
Valores para Determinación del espectro según NEC-15 edificio Los Olivos

Z	0,3
H	1,8
R	1

Fuente: (NEC-SE-DS, 2014)
 Elaborado por: El Autor

Conociendo los valores anteriores procederemos a calcular T_0 y T_c con la ecuación 5 y 6 respectivamente. Lo cual nos queda un valor de:

Tabla 32
 T_0 y T_c edificio Los Olivos

T_0	T_c
0,12	0,64

Fuente: El Autor

Elaborado por: El Autor

Luego se procederá a calcular el Período de vibración de la estructura con la ecuación 7:

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Con la tabla 9 obtendremos los coeficientes C_t y α , lo cual serán 0,055 y 0,9 respectivamente, debido a que el edificio Multifamiliar de Los Olivos no cuenta con muros estructurales ni diagonales rigidizadoras. Se procederá a reemplazar en la ecuación 7:

$$T = 0,055 \times 10,8^{0,9}$$

$$T = 0,47 \text{ segundos}$$

Nos damos cuenta de que el Período de vibración de la estructura es menor a T_c y mayor a T_0 , por lo tanto, se encuentra en la meseta del espectro de respuesta elástico, por lo cual, para calcular el espectro de respuesta elástico en el Período de vibración de la estructura, se utilizará la ecuación 3:

$$S_a = \eta z F_a$$

$$S_a = 1,8 \times 0,3 \times 1,3$$

$$S_a = 0,70g$$

4.1.2.5 Determinación del espectro de desplazamiento elástico

Procederemos a calcular T_L con la ecuación 10:

$$T_L = 2,4 F_d$$

$$T_L = 2,4 \times 1,36$$

$$T_L = 3,26 \text{ segundos}$$

Sabiendo que T_L es mayor a T , se utilizara la ecuación 8:

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

$$S_d = 0,70 \times 9,81 \cdot (0,47/2\pi)^2$$

$$S_d = 0,038 \text{ metros}$$

4.1.2.6 Determinación de la deriva inelástica del edificio

Utilizaremos la ecuación 11:

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

$$\Delta M = \frac{0,038}{10,8} \times 0,75$$

$$\Delta M = 0,00264$$

$$\Delta M = 0,26\%$$

4.1.2.7 Determinación del coeficiente sísmico de diseño

Como el edificio fue construido en el año 1992, se debió haber diseñado con el Código Ecuatoriano de la Construcción de 1979 (CEC-79). Procederemos a calcular el Período elástico fundamental de vibración de la estructura con la ecuación 15:

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

$$T = \frac{0,09 \times 10,8}{\sqrt{18,5}}$$

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

Después se calcula el coeficiente numérico con la ecuación 14:

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

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

$$C = 0,14$$

El valor de C no deber ser mayor a 0,12 por lo tanto utilizaremos C=0,12.

El valor coeficiente numérico de resonancia entre la estructura y el sitio es:

$$S = 1,5$$

Obtenido C y S calcularemos el coeficiente sísmico con la ecuación 16 de diseño:

$$CS = 0,12 \times 1,5$$

$$CS = 0,18$$

El valor del coeficiente sísmico no debe ser mayor a 0,14 por lo tanto CS=0,14

4.1.2.8 Determinación de R efectivo

Se usará la ecuación 17:

$$R_{efectivo} = \frac{Sa \text{ del periodo de vibracion de la estructura}}{CS \text{ del año de diseño de la estructura}}$$

$$R_{efectivo} = \frac{0,70}{0,14}$$

$$R_{efectivo} = 5$$

4.2 Determinación del valor de Z en Bahía de Caráquez:

Debido que en Bahía de Caráquez no existe una estación de medición, se tomó como referencia las aceleraciones de las estaciones de Manta y Chone que fueron de 0.52 g y 0.37 g respectivamente (IGEPN, 2017), lo cual si comparamos con el valor que nos indica la NEC-15 que es de 0.50g (NEC-SE-DS, 2014), podemos concluir que estuvo muy cerca de alcanzar el sismo de diseño de la norma. Para el desarrollo de los espectros se consideró la aceleración que indica la norma, $Z = 0,50g$.

4.2.1 Hotel Centinela

4.2.1.1 Datos Generales del Edificio

Tabla 33
Datos generales del edificio Hotel Centinela

Año de construcción	1991
Altura	23,90 metros
Dimensión	29,80 x 25,01
Ubicación	Avenida Virgilio Ratti y calle Mejía, de la ciudad de Bahía de Caráquez.
Método de reforzamiento	Añadir muros de porte y aligeramiento

Fuente: (Sánchez, 2016)
Elaborado por: El Autor



Figura 57: Ubicaciones Hotel Centinela
Fuente: (Rodríguez, 2016)

4.2.1.2 Daños ocasionados por el sismo:

4.2.1.2.1 Daño estructural

Tabla 34
Daños estructurales Hotel Centinela



Figura 58: Daño en columna Hotel Centinela
Fuente: (Sánchez, 2016)

Se observa un posible daño por columna corta, debido a la mampostería y a la ventana que se observa en la figura.



Figura 59: Daño en columna Hotel Centinela
Fuente: (Sánchez, 2016)

Se observa un posible daño por columna corta, debido a la mampostería y a la ventana que se observa en la figura.

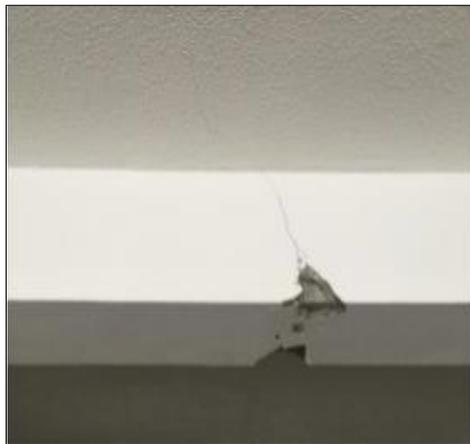


Figura 60: Ubicaciones Hotel Centinela
Fuente: (Sánchez, 2016)

Se puede observar una fisura en la parte frontal y en la parte posterior de la viga.



Figura 61: Desprendimiento de recubrimiento Hotel Centinela
Fuente: (Sánchez, 2016)

En la imagen se observa el desprendimiento del recubrimiento de la columna.



En la imagen se puede observar que el recubrimiento de la viga se desprendió.

Figura 62: Recubrimiento de viga desprendido Hotel Centinela
Fuente: (Sánchez, 2016)

Fuente: El Autor
Elaborado por: El Autor

4.2.1.2 Daños no estructurales

Tabla 35
Daños no estructurales Hotel Centinela



Figura 63: Asentamiento del tramo inferior Hotel Centinela
Fuente: (Sánchez, 2016)



Figura 64: Colapso de mampostería
Fuente: (Sánchez, 2016)

En las imágenes se pueden observar el asentamiento del tramo inferior de la escalera y el colapso de la mampostería que cubría la escalera en el lado derecho.



Figura 65: Pórticos en el arco Hotel Centinela
Fuente: (Sánchez, 2016)



Figura 66: Fisuras en arcos Hotel Centinela
Fuente: (Sánchez, 2016)

En la imagen se observan pórticos en arco, los cuales tiene muchas fisuras en la parte superior del arco como también en sus bases



Figura 67: Grietas en el cerramiento Hotel Centinela
Fuente: (Sánchez, 2016)

Como se pueden observar en las imágenes hubo grietas en todas las paredes del cerramiento del Hotel.



Figura 68: Grietas en el cerramiento interior Hotel Centinela
Fuente: (Sánchez, 2016)



Figura 69: Grietas en el cerramiento posterior Hotel Centinela
Fuente: (Sánchez, 2016)



Figura 70: Desplome de cerramiento Hotel Centinela
Fuente: (Sánchez, 2016)

Como se pueden observar en las imágenes hubo grietas en todas las paredes del cerramiento del Hotel



En la imagen se puede observar que la piscina tuvo una separación con el contrapiso.

Figura 71: Piscina de Hotel Centinela
Fuente: (Sánchez, 2016)



En la imagen se muestra que las paredes del ducto del ascensor sufrieron daños.

Figura 72: Ducto de Hotel Centinela
Fuente: (Sánchez, 2016)

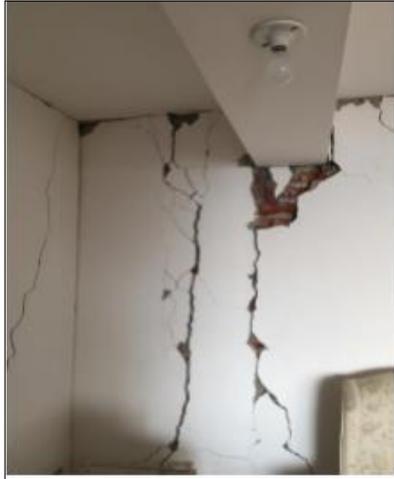


Figura 73: Daños en paredes de Hotel Centinela
Fuente: (Sánchez, 2016)



Figura 74: Grietas en paredes Hotel Centinela
Fuente: (Sánchez, 2016)



Figura 75: Grietas Hotel Centinela
Fuente: (Sánchez, 2016)

En las siguientes imágenes se pueden observar los daños que sufrieron las paredes, los cuales fueron fisuras, desprendimiento del recubrimiento a daño total de la pared.



Figura 76 Desplome de pared Hotel Centinela
Fuente: (Sánchez, 2016)

En las siguientes imágenes se pueden observar los daños que sufrieron las paredes, los cuales fueron fisuras, desprendimiento del recubrimiento a daño total de la pared.



Figura 77: Caída de fachada Hotel Centinela
Fuente: (Sánchez, 2016)

En la fachada del edificio se puede observar que el hormigón de recubrimiento se desprendió.

Fuente: El Autor
Elaborado por: El Autor

4.2.1.3 Tipo de Suelo

Según (Sánchez, 2016), se determinó el tipo de suelo mediante perforaciones realizadas alrededor del edificio, estas perforaciones se hicieron hasta una profundidad de 10 metros, siguiendo las recomendaciones de la norma ASTM D1586-97 lo cual también cumpliría con la NEC-15 (en la NEC-15 sugieren que se analice los 30 metros superiores del perfil). Una vez terminada las

perforaciones se usó el ensayo de Micro Trepidaciones para obtener la velocidad de ondas de corte (V_s), dicho resultado dio de 320 m/s, lo cual comparamos con los valores de la tabla 7 del capítulo 3, lo cual nos indica que el tipo de suelo del Hotel Centinela sería un suelo tipo D.

4.2.1.4 Determinación del espectro de respuesta elástico del sismo según NEC- 15

Se obtiene los coeficientes de F_a , F_d y F_s de las tablas 6,7 y 8 del capítulo 3 respectivamente.

Tabla 36
Coeficientes de F_a , F_d y F_s de NEC 15 Hotel Centinela

TIPO DE SUELO	F_a	F_d	F_s
D	1,12	1,11	1,4

Fuente: (NEC-SE-DS, 2014)
Elaborado por: El Autor

Los valores de razón entre la aceleración espectral (η), el factor usado en el espectro de diseño elástico (r) y el valor de Z son los siguientes:

Tabla 37
Valores para Determinación del espectro según NEC-15 Hotel Centinela

Z	0,5
η	1,8
r	1

Fuente: (NEC-SE-DS, 2014)
Elaborado por: El Autor

Conociendo los valores anteriores procederemos a calcular T_0 y T_c con la ecuación 5 y 6 respectivamente. Lo cual nos queda un valor de:

Tabla 38
 T_0 y T_c Hotel Centinela

T_0	T_c
0,14	0,76

Fuente: El Autor
Elaborado por: El Autor

Obtenido los Períodos límites, se procederá a armar el espectro de respuesta elástica, con las siguientes consignas:

- Para los valores desde 0 hasta 0,14 se utilizará la ecuación 2.
- Para los valores desde 0,14 hasta 0,76 se utilizará la ecuación 3.
- Para los valores mayores o iguales a 1,27 se utilizará la ecuación 4.

Lo cual nos da como resultado la siguiente tabla:

Tabla 39
Espectro de respuesta elástica de Hotel Centinela

T	Sa
0,00	0,56
0,14	1,01
0,76	1,01
0,86	0,89
0,96	0,80
0,96	0,80
1,06	0,72
1,16	0,66
1,26	0,61
1,36	0,56
1,46	0,53
1,56	0,49
1,66	0,46
1,76	0,44
1,86	0,41
1,96	0,39
2,06	0,37
2,16	0,36
2,26	0,34

T	Sa
2,36	0,33
2,46	0,31
2,56	0,30
2,66	0,29
2,76	0,28
2,86	0,27
2,96	0,26
3,06	0,25
3,16	0,24
2,66	0,29
3,26	0,24
4,00	0,19
3,36	0,23
3,46	0,22
3,56	0,22
3,66	0,21
3,76	0,20
3,86	0,20
3,96	0,19
4,00	0,19
4,06	0,19
4,16	0,18
4,26	0,18
4,36	0,18
4,46	0,17
4,56	0,17
4,66	0,16

T	Sa
4,76	0,16
4,86	0,16
4,96	0,15
5,06	0,15
5,16	0,15
5,26	0,15
5,36	0,14

Fuente: El Autor
 Elaborado por: El Autor

Con estos resultados se formará el espectro de respuesta elástico:

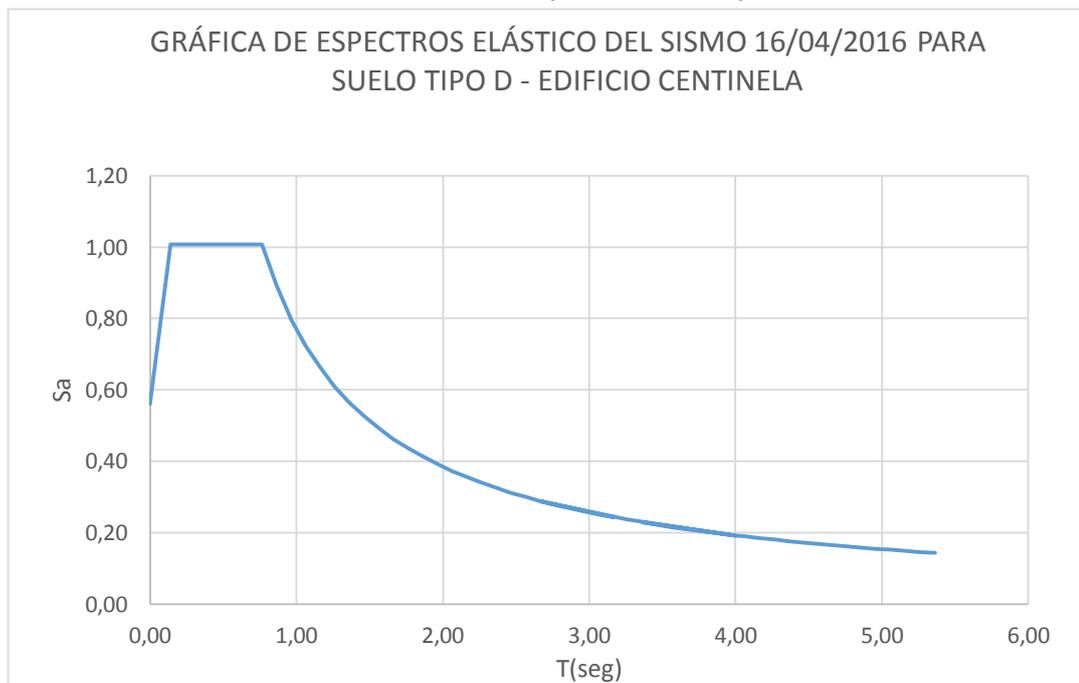


Figura 78: Espectro Elástico Edificio Centinela
 Fuente: El Autor

Luego se procederá a calcular el Período de vibración de la estructura con la ecuación 7:

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Con la tabla 6 obtendremos los coeficientes C_t y α , lo cual serán 0,055 y 0,9 respectivamente, debido a que el Hotel Centinela no cuenta con muros

estructurales ni diagonales rigidizadoras. Se procederá a reemplazar en la ecuación 7:

$$T = 0,055 \times 23,90^{0,9}$$

$$T = 0,96 \text{ segundos}$$

Nos damos cuenta de que el Período de vibración de la estructura es mayor al T_c , por lo tanto, no se encuentra en la meseta del espectro de respuesta elástico, si no, está después de la meseta, por lo cual, para calcular el espectro de respuesta elástico en el Período de vibración de la estructura, se utilizara la ecuación 4:

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

$$S_a = 1,8 \times 0,5 \times 1,12 \left(\frac{0,76}{0,96}\right)^1$$

$$S_a = 0,80g$$

4.2.1.5 Determinación del espectro de desplazamiento elástico

Procederemos a calcular T_L con la ecuación 10:

$$T_L = 2,4F_d$$

$$T_L = 2,4 \times 1,11$$

$$T_L = 2,66 \text{ segundos}$$

Sabiendo que T_L es mayor a T , se utilizara la ecuación 8:

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

$$S_d = 0,8 \times 9,81 \cdot \left(\frac{0,96}{2\pi}\right)^2$$

$$S_d = 0,18 \text{ metros}$$

4.2.1.6 Determinación de la deriva inelástica del edificio

Utilizaremos la ecuación 11:

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

$$\Delta M = \frac{0,18}{23,90} \times 0,75$$

$$\Delta M = 0,0056$$

$$\Delta M = 0,56\%$$

4.2.1.7 Determinación del coeficiente sísmico de diseño

Como el edificio fue construido en el año 1991, se debió haber diseñado con el Código Ecuatoriano de la Construcción de 1979 (CEC-79). Procederemos a calcular el Período elástico fundamental de vibración de la estructura con la ecuación 15:

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

$$T = \frac{0,09 \times 23,90}{\sqrt{29,80}}$$

$$T = 0,39 \text{ segundos}$$

Después se calcula el coeficiente numérico con la ecuación 14:

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

$$C = \frac{1}{15\sqrt{0,39}}$$

$$C = 0,106$$

El valor coeficiente numérico de resonancia entre la estructura y el sitio es:

$$S = 1,5$$

Obtenido C y S calcularemos el coeficiente sísmico de la ecuación 16 de diseño:

$$CS = 0,106 \times 1,5$$

$$CS = 0,159$$

El valor de CS no debe ser mayor o igual a 0,14 por lo tanto:

$$CS = 0,14$$

4.2.1.8 Determinación de R efectivo

Se usará la ecuación 17:

$$R_{efectivo} = \frac{Sa \text{ del periodo de vibracion de la estructura}}{CS \text{ del año de diseño de la estructura}}$$

$$R_{efectivo} = \frac{0,80}{0,14}$$

$$R_{efectivo} = 5,71$$

4.2.2 Hotel Patricio de Bahía de Caráquez

4.2.2.1 Datos generales del edificio:

Tabla 40
Datos generales del Hotel Patricio de Bahía de Caráquez

Año de construcción	2014
Altura	30,77 metros
Ubicación	Calle Y y Salinas
Método de Reforzamiento	Añadir muros de corte

Fuente: (Sánchez, 2016)
Elaborado por: El Autor



Figura 79: Ubicación del Hotel Patricio de Bahía de Caráquez
 Fuente: (Google Earth, 2016)

4.2.2.2. Daños ocasionados por el sismo:

4.2.2.2.1 Daño estructural

Tabla 41
Daños Estructurales Hotel Patricio de Bahía de Caráquez



Figura 80: Sótano del Hotel Patricio
 Fuente: (Sánchez, 2016)



Figura 81: Sótano del Hotel Patricio
 Fuente: (Sánchez, 2016)

Fuente: El Autor
 Elaborado por: El Autor

En las fotos no se observan daño de consideración en las columnas, solo unas grietas pequeñas

4.2.2.2. Daño no estructural

Tabla 42

Daños No Estructurales Hotel Patricio de Bahía de Caráquez



Se observan grietas en la parte de la mampostería

Figura 82: Mampostería del Hotel Patricio

Fuente: (Sánchez, 2016)



En la fachada frontal no se observan daños estructurales, pero si grietas en los elementos no estructurales como mampostería.

En la fachada lateral no se observan daños estructurales ni no estructurales.

Figura 83: Fachada de Hotel Patricio

Fuente: (Sánchez, 2016)

Fuente: El Autor

Elaborado por: El Autor

4.2.2.3 Tipo de Suelo

Según (Sánchez, 2016), se determinó el tipo de suelo mediante perforaciones realizadas alrededor del edificio, estas perforaciones se hicieron hasta una

profundidad de 10 metros, siguiendo las recomendaciones de la norma ASTM D1586-97 lo cual también cumpliría con la NEC-15 (en la NEC-15 sugieren que se analice los 30 metros superiores del perfil). Una vez terminada las perforaciones se usó el ensayo de Micro Trepidaciones para obtener la velocidad de ondas de corte (V_s), dicho resultado dio de 599 m/s, lo cual comparamos con los valores de la tabla 7 del capítulo 3, lo cual nos indica que el tipo de suelo del Hotel Patricio sería un suelo tipo C.

4.2.2.4 Determinación del espectro de respuesta elástico del sismo según NEC- 15

Se obtiene los coeficientes de F_a , F_d y F_s de las tablas 6,7 y 8 del capítulo 3 respectivamente

Tabla 43
Coeficientes de F_a , F_d y F_s de NEC 15 del Hotel Patricio de Bahía de Caráquez

TIPO DE SUELO	F_a	F_d	F_s
C	1,2	1,11	1,11

Fuente: (NEC-SE-DS, 2014)

Elaborado por: El Autor

Los valores de razón entre la aceleración espectral (η), el factor usado en el espectro de diseño elástico (r) y el valor de Z son los siguientes:

Tabla 44
Valores para Determinación del espectro según NEC-15 del Hotel Patricio de Bahía de Caráquez

Z	0,5
η	1,8
r	1

Fuente: (NEC-SE-DS, 2014)

Elaborado por: El Autor

Conociendo los valores anteriores procederemos a calcular T_0 y T_c con la ecuación 5 y 6 respectivamente. Lo cual nos queda un valor de:

Tabla 45
T0 y Tc del Hotel Patricio de Bahía de Caráquez

T ₀	T _C
0,10	0,56

Fuente: El Autor
 Elaborado por: El Autor

Luego se procederá a calcular el Período de vibración de la estructura con la ecuación 7:

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Con la tabla 9 obtendremos los coeficientes C_t y α , lo cual serán 0,055 y 0,9 respectivamente, debido a que el Hotel Patricios no cuenta con muros estructurales ni diagonales rigidizadoras. Se procederá a reemplazar en la ecuación 7:

$$T = 0,055 \times 30,77^{0,9}$$

$$T = 1,20 \text{ segundos}$$

Nos damos cuenta de que el Período de vibración de la estructura es mayor al T_c, por lo tanto, no se encuentra en la meseta del espectro de respuesta elástico, si no, está después de la meseta, por lo cual, para calcular el espectro de respuesta elástico en el Período de vibración de la estructura, se utilizara la ecuación 4:

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

$$S_a = 1,8 \times 0,5 \times 1,2 \left(\frac{0,56}{1,20}\right)^1$$

$$S_a = 0,50g$$

4.2.2.5 Determinación del espectro de desplazamiento elástico

Procederemos a calcular T_L con la ecuación 10:

$$T_L = 2,4 F_d$$

$$T_L = 2,4 \times 1,11$$

$$T_L = 2,66 \text{ segundos}$$

Sabiendo que TL es mayor a T, se utilizara la ecuación 8:

$$S_d = S_a(g) \cdot (T/2\pi)^2$$
$$S_d = 0,50 \times 9,81 \cdot (1,20/2\pi)^2$$
$$S_d = 0,18 \text{ metros}$$

4.2.2.6 Determinación de la deriva inelástica del edificio

Utilizaremos la ecuación 11:

$$\Delta M = \frac{S_d}{H} \times 0,75$$
$$\Delta M = \frac{0,18}{30,77} \times 0,75$$
$$\Delta M = 0,0044$$
$$\Delta M = 0,44\%$$

4.2.2.7 Determinación del espectro de respuesta elástico de diseño

Como el edificio fue construido en el año 2014, se debió haber diseñado con la Norma Ecuatoriana de la Construcción del 2011 (NEC-11). Procederemos a calcular el Período elástico fundamental de vibración de la estructura con la ecuación 7:

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Con la tabla 16 obtendremos los coeficientes C_t y α , lo cual serán 0,047 y 0,9 respectivamente, debido a que el Hotel Patricios no cuenta con muros estructurales ni diagonales rigidizadoras. Se procederá a reemplazar en la ecuación 7:

$$T = 0,047 \times 30,77^{0,9}$$
$$T = 1,03 \text{ segundos}$$

Se obtiene los coeficientes de Fa, Fd y Fs de las tablas 11,12 y 13 del capítulo 3 respectivamente.

Tabla 46

Coeficientes de Fa, Fd y Fs de NEC 11 del Hotel Patricio de Bahía de Caráquez

TIPO DE SUELO	Fa	Fd	Fs
C	1,18	1,25	1,45

Fuente: (NEC-SE-DS, 2014)

Elaborado por: El Autor

Conociendo los valores anteriores procederemos a calcular T0 y Tc con la ecuación 5 y 6 respectivamente. Lo cual nos queda un valor de:

Tabla 47

Valores para Determinación del espectro según NEC-11 del Hotel Patricio de Bahía de Caráquez

To	TC
0,15	0,84

Fuente: (NEC-SE-DS, 2014)

Elaborado por: El Autor

Nos damos cuenta de que el Período de vibración de la estructura es mayor al Tc, por lo tanto, no se encuentra en la meseta del espectro de respuesta elástico, si no, está después de la meseta, por lo cual, para calcular el espectro de respuesta elástico en el Período de vibración de la estructura, se utilizara la ecuación 4:

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

$$S_a = 1,8 \times 0,5 \times 1,18 \left(\frac{0,84}{1,03}\right)^1$$

$$S_a = 0,87g$$

4.2.2.8 Coeficiente Sísmico de diseño

Utilizaremos la ecuación 12:

$$CS = \frac{IS_a(T_a)}{R\phi_P\phi_E}$$

El factor de importancia lo obtendremos de la tabla 13:

$$I=1$$

El factor de reducción lo obtendremos de la tabla 14:

$$R=6$$

Los coeficientes en planta y elevación se los obtiene de las tablas 11 y 12 respectivamente:

$$\phi_p = 1$$

$$\phi_E = 1$$

Se reemplaza los valores ya obtenidos en la ecuación 12:

$$CS = \frac{1 \times 0,87}{6 \times 1 \times 1}$$

$$CS = 0,14$$

4.2.2.9 Determinación de R efectivo

Se usará la ecuación 17:

$$R_{efectivo} = \frac{Sa \text{ del periodo de vibracion de la estructura}}{CS \text{ del año de diseño de la estructura}}$$

$$R_{efectivo} = \frac{0,50}{0,14}$$

$$R_{efectivo} = 3,57$$

4.3 Determinación del valor de Z en Manta:

El acelerógrafo de la ciudad de Manta se encuentra sobre un suelo tipo D, el cual tuvo una aceleración del suelo en superficie (Faz) de 0,51g (IGEPN, 2017), lo cual lo llevaremos a una aceleración máxima en roca (Z), siguiendo los pasos a continuación:

1. FaZ=0,51g
2. Se asumirá un valor de Z cercano al de la aceleración del suelo en superficie, Z=0,5g

3. Con el valor de Z y el tipo de suelo, obtendremos el valor de $F_a=1,12$ de la tabla 3 del capítulo 3.
4. Con este valor de F_a se lo reemplaza en el paso 1 lo cual obtendremos el valor de Z corregido:

$$F_a Z = 0,51g$$

$$Z = \frac{0,51g}{F_a}$$

$$Z = \frac{0,51g}{1,12}$$

$$Z = 0,455g \approx 0,46g$$

5. No se vuelve a corregir el valor de Z dado que se aproxima más al valor asumido
6. Se concluye que el valor de Z es igual a 0,46 para Manta.

4.3.1 Ex Banco Central de Manta

4.3.1.1 Datos generales del edificio:

Tabla 48
Datos generales del edificio Ex Banco Central de Manta

Año de construcción	Hace 3 décadas
Altura	39,5 metros
Dimensión	38,80 x 31,77
Ubicación	Avenida Malecón y Calle 6 A
Método de Reforzamiento	Aligeramiento y muros de corte en sentido X y Y

Fuente: El Autor
Elaborado por: El Autor



Figura 84: Ubicaciones Ex Banco Central
Fuente: (Google Earth, 2016)

4.3.1.2 Daños ocasionados por el sismo:

Tabla 49

Datos ocasionados del edificio Ex Banco Central de Manta



En la foto se puede observar que en la fachada del edificio sufrió daños en el recubrimiento.

Figura 85: Fachada de Ex Banco Central de Manta

Fuente: (Villacrés, 2016)



En la foto se observa que la escalera ha sufrido una separación con respecto a la pared.

Figura 86: Separación de escalera Ex Banco Central de Manta

Fuente: (Aguilar, 2016)



En la foto se puede apreciar que el recubrimiento de la viga se ha desprendido.

Figura 87: Recubrimiento de viga desprendido Ex Banco Central de Manta

Fuente: (Aguilar, 2016)



Figura 88: Grietas en mampostería
Fuente: (Aguiar, 2016)

En las dos fotos se puede observar que en la mampostería hubo muchas grietas y en unos casos se desprendió parte de la pared.

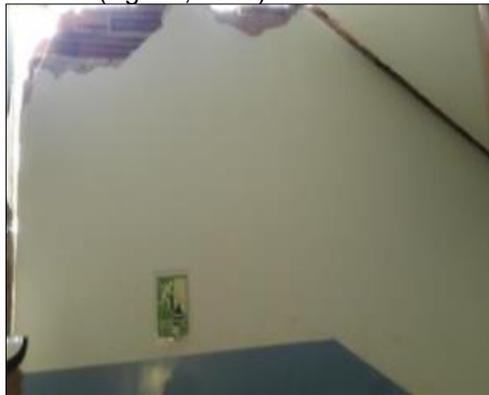


Figura 89: Pared desprendida Ex Banco Central de Manta

Fuente: (Aguiar, 2016)

Fuente: El Autor

Elaborado por: El Autor

4.3.1.3 Tipo de Suelo

Según el informe proporcionado por el Municipio de Manta el tipo de suelo del edificio Ex Banco Central es de tipo E

4.3.1.4 Determinación del espectro de respuesta elástico del sismo según NEC- 15

Se obtiene los coeficientes de F_a , F_d y F_s de las tablas 6,7 y 8 del capítulo 3 respectivamente.

Tabla 50
Coefficientes de Fa, Fd y Fs de NEC 15 Ex Banco Central de Manta

TIPO DE SUELO	Fa	Fd	Fs
E	0,85	1,5	2

Fuente: (NEC-SE-DS, 2014)

Elaborado por: El Autor

Los valores de razón entre la aceleración espectral (η), el factor usado en el espectro de diseño elástico (r) y el valor de Z son los siguientes:

Tabla 51
Valores para Determinación del espectro según NEC-15 Ex Banco Central de Manta

Z	0,46
η	1,8
r	1,5

Fuente: (NEC-SE-DS, 2014)

Elaborado por: El Autor

Conociendo los valores anteriores procederemos a calcular T0 y Tc con la ecuación 5 y 6 respectivamente. Lo cual nos queda un valor de:

Tabla 52
T0 y Tc Ex Banco Central de Manta

To	TC
0,35	1,94

Fuente: El Autor

Elaborado por: El Autor

Obtenido los Períodos límites, se procederá a armar el espectro de respuesta elástica, con las siguientes consignas:

- Para los valores desde 0 hasta 0,35 se utilizará la ecuación 2.
- Para los valores desde 0,35 hasta 1,94 se utilizará la ecuación 3.
- Para los valores mayores o iguales a 1,94 se utilizará la ecuación 4.

Lo cual nos da como resultado la siguiente tabla:

Tabla 53
Espectro de respuesta elástica de Ex Banco Central de Manta

T	Sa
0,00	0,39
0,35	0,70
1,50	0,70
1,94	0,70
2,04	0,65
2,14	0,61
2,24	0,57
2,34	0,53
2,44	0,50
2,54	0,47
2,64	0,44
2,74	0,42
2,84	0,40
2,94	0,38
3,04	0,36
3,14	0,34
3,24	0,33
3,34	0,31
3,44	0,30
3,54	0,29
3,60	0,28
3,64	0,27
3,74	0,26
3,84	0,25
3,94	0,24
4,00	0,24

T	Sa
4,10	0,23
4,20	0,22
4,30	0,21
4,40	0,21
4,50	0,20
4,60	0,19
4,70	0,19
4,80	0,18
4,90	0,18
5,00	0,17
5,10	0,17
5,20	0,16
5,30	0,16
5,40	0,15
5,50	0,15
5,60	0,14
5,70	0,14
5,80	0,14
5,90	0,13
6,00	0,13
6,10	0,13
6,20	0,12
6,30	0,12
6,40	0,12
6,50	0,11
6,60	0,11
6,70	0,11

Fuente: El Autor
 Elaborado por: El Autor

Con estos resultados se formará el espectro de respuesta elástico:

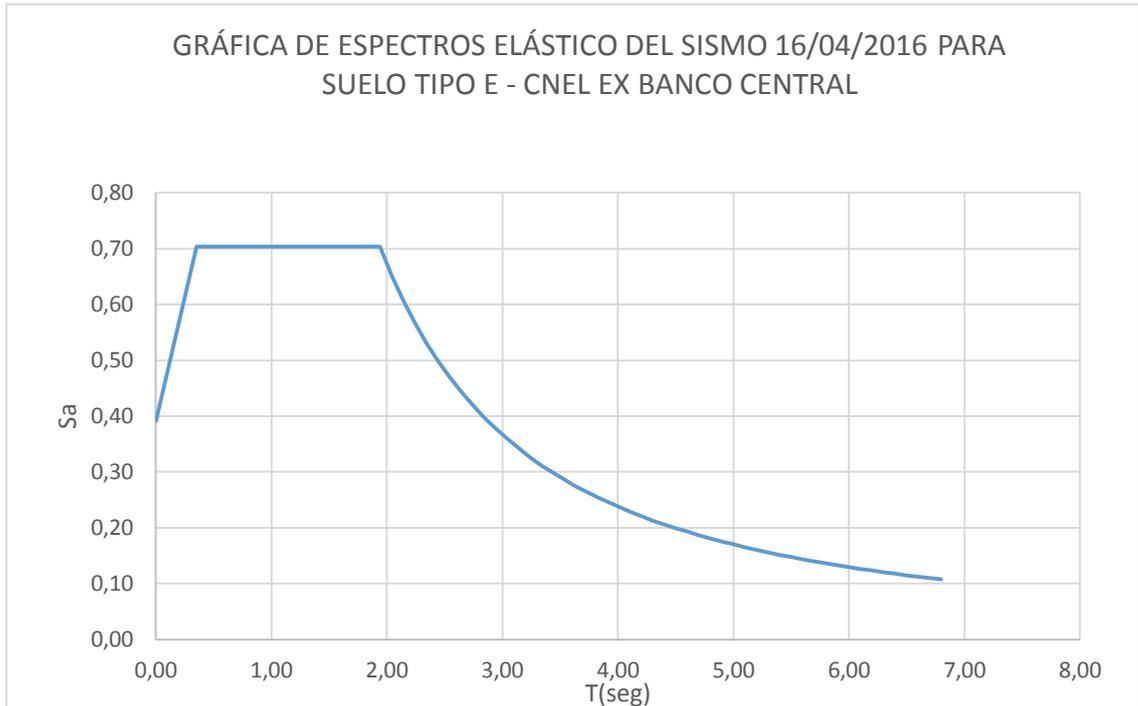


Figura 90: Espectros elástico Ex Banco Central de Manta
Fuente: El Autor

Luego se procederá a calcular el Período de vibración de la estructura con la ecuación 7:

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Con la tabla 6 obtendremos los coeficientes C_t y α , lo cual serán 0,055 y 0,9 respectivamente, debido a que el edificio del Ex Banco Central no cuenta con muros estructurales ni diagonales rigidizadoras. Se procederá a reemplazar en la ecuación 7:

$$T = 0,055 \times 39,5^{0,9}$$

$$T = 1,50 \text{ segundos}$$

Nos damos cuenta de que el Período de vibración de la estructura es menor al T_c , pero mayor a T_0 , por lo tanto, se encuentra en la meseta del espectro de respuesta elástico, por lo cual, para calcular el espectro de respuesta elástico en el Período de vibración de la estructura, se utilizara la ecuación 3:

$$S_a = \eta z F a$$

$$S_a = 1,8 \times 0,46 \times 0,85 = 0,70g$$

4.3.1.5 Determinación del espectro de desplazamiento elástico

Procederemos a calcular T_L con la ecuación 10:

$$T_L = 2,4F_d$$

$$T_L = 2,4 \times 1,5$$

$$T_L = 3,6 \text{ segundos}$$

Sabiendo que T_L es mayor a T , se utilizara la ecuación 8:

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

$$S_d = 0,7 \times 9,81 \cdot (1,50/2\pi)^2$$

$$S_d = 0,39 \text{ metros}$$

4.3.1.6 Determinación de la deriva inelástica del edificio

Utilizaremos la ecuación 11:

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

$$\Delta M = \frac{0,39}{39,5} \times 0,75$$

$$\Delta M = 0,0074$$

$$\Delta M = 0,74\%$$

4.3.1.7 Determinación del coeficiente sísmico de diseño

Como el edificio fue construido hace 3 décadas, se debió haber diseñado con el Código Ecuatoriano de la Construcción de 1979 (CEC-79). Procederemos a calcular el Período elástico fundamental de vibración de la estructura con la ecuación 15:

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

$$T = \frac{0,09 \times 39,5}{\sqrt{38,80}}$$

$$T = 0,57 \text{ segundos}$$

Después se calcula el coeficiente numérico con la ecuación 14:

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

$$C = \frac{1}{15\sqrt{0,57}}$$

$$C = 0,088$$

El valor coeficiente numérico de resonancia entre la estructura y el sitio es:

$$S = 1,5$$

Obtenido C y S calcularemos el coeficiente sísmico de la ecuación 16 de diseño:

$$CS = 0,088 \times 1,5$$

$$CS = 0,13$$

4.3.1.8 Determinación de R efectivo

Se usará la ecuación 17:

$$R_{efectivo} = \frac{Sa \text{ del periodo de vibracion de la estructura}}{CS \text{ del año de diseño de la estructura}}$$

$$R_{efectivo} = \frac{0,70}{0,13}$$

$$R_{efectivo} = 5,38$$

4.3.2 Mercado Central de Manta

4.3.2.1 Datos generales del edificio:

Tabla 54

Datos generales del Mercado Central de Manta

Año de construcción	1964
Altura	8,30 metros
Ubicación	Calle 11 y Calle 12 entre Avenida 15 y Avenida 16
Método de reforzamiento	Encamisado de Concreto

Fuente: (MIDUVI, 2017)

Elaborado por: El Autor



Figura 91: Ubicaciones Mercado Central de Manta

Fuente: (Google Earth, 2016)

4.3.2.2 Daños ocasionados por el sismo:

4.3.2.2.1 Daños estructurales

Tabla 55

Daños estructurales en el Mercado Central de Manta



En la foto se puede observar que hubo una falla por columna corta en la parte superior de la columna.

Figura 92: Falla en columna Mercado Central de Manta

Fuente: (Alcivar, 2016)



Se puede observar desprendimiento del recubrimiento de la columnas, además también se observa grietas en la parte intermedia de la columna.

Figura 93: Desprendimiento del recubrimiento Mercado Central de Manta

Fuente: (Alcivar, 2016)

4.3.2.2 Daños no estructurales

Tabla 56

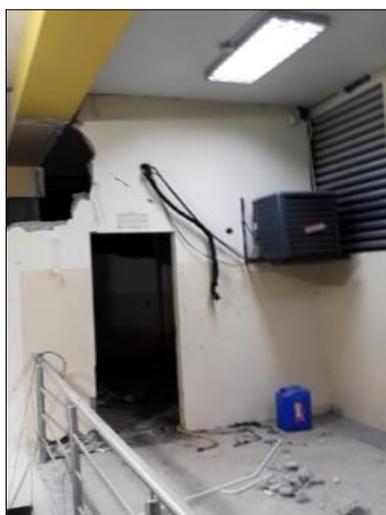
Daños no estructurales en el Mercado Central de Manta



En la foto se observan daños en la mampostería.

Figura 94: Daños en mampostería Mercado Central de Manta

Fuente: (Alcivar, 2016)



En la foto se puede observar el colapso de la parte superior derecha de la pared.

Figura 95: Colapso en parte superior Mercado Central de Manta

Fuente: (Alcivar, 2016)

Fuente: El Autor

Elaborado por: El Autor

4.3.2.3 Tipo de Suelo

Según el informe proporcionado por el MIDUVI de Manabí el tipo de suelo del Mercado de Central es de tipo D

4.3.2.4 Determinación del espectro de respuesta elástico del sismo según NEC- 15

Se obtiene los coeficientes de F_a , F_d y F_s de las tablas 6,7 y 8 del capítulo 3 respectivamente.

Tabla 57
Coeficientes de F_a , F_d y F_s de NEC 15 de Mercado Central de Manta

TIPO DE SUELO	F_a	F_d	F_s
D	1,12	1,11	1,4

Fuente: (NEC-SE-DS, 2014)
Elaborado por: El Autor

Los valores de razón entre la aceleración espectral (η), el factor usado en el espectro de diseño elástico \otimes y el valor de Z son los siguientes:

Tabla 58
Valores para Determinación del espectro según NEC-15 de Mercado Central de Manta

Z	0,46
η	1,8
r	1

Fuente: (NEC-SE-DS, 2014)
Elaborado por: El Autor

Conociendo los valores anteriores procederemos a calcular T_0 y T_c con la ecuación 5 y 6 respectivamente. Lo cual nos queda un valor de:

Tabla 59
 T_0 y T_c Mercado Central de Manta

T_0	T_c
0,14	0,76

Fuente: El Autor
Elaborado por: El Autor

Luego se procederá a calcular el Período de vibración de la estructura con la ecuación 7:

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Con la tabla 9 obtendremos los coeficientes C_t y α , lo cual serán 0,055 y 0,9 respectivamente, debido a que el Mercado Central no cuenta con muros

estructurales ni diagonales rigidizadoras. Se procederá a reemplazar en la ecuación 7:

$$T = 0,055 \times 8,3^{0,9}$$

$$T = 0,37 \text{ segundos}$$

Nos damos cuenta de que el Período de vibración de la estructura es menor a T_c y mayor a T_0 , por lo tanto, se encuentra en la meseta del espectro de respuesta elástico, por lo cual, para calcular el espectro de respuesta elástico en el Período de vibración de la estructura, se utilizara la ecuación 3:

$$S_a = \eta z F_a$$

$$S_a = 1,8 \times 0,46 \times 1,12$$

$$S_a = 0,93g$$

4.3.2.5 Determinación del espectro de desplazamiento elástico

Procederemos a calcular T_L con la ecuación 10:

$$T_L = 2,4 F_d$$

$$T_L = 2,4 \times 1,11$$

$$T_L = 2,66 \text{ segundos}$$

Sabiendo que T_L es mayor a T , se utilizara la ecuación 8:

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

$$S_d = 0,93 \times 9,81 \cdot \left(\frac{0,37}{2\pi}\right)^2$$

$$S_d = 0,032 \text{ metros}$$

4.3.2.6 Determinación de la deriva inelástica del edificio

Utilizaremos la ecuación 11:

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

$$\Delta M = \frac{0,032}{8,30} \times 0,75$$

$$\Delta M = 0,0029$$

$$\Delta M = 0,29\%$$

4.3.2.7 Determinación del coeficiente sísmico de diseño

Como el edificio fue construido en el año 1964 y en ese año no existía aun una norma de la construcción en Ecuador por lo tanto no se puede determinar el coeficiente sísmico de diseño.

CAPÍTULO V

5.1 CONCLUSIONES

Tabla 60

Tabla Resumen de cálculos.

Estructuras	Características	Fotografía
<p>Ex Banco La Previsora</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo de Suelo: E - Ubicación: Portoviejo - Año de construcción: 1998 - Sa de respuesta: 0,50 g - CS de diseño: 0,137 - Deriva inelástica: 0,55% - R (efectivo): 3,65 	 <p>Figura 96: Conclusión Ex Banco La Previsora Fuente: (PLANPROCONS, 2016)</p>
<p>Edificio Multifamiliar Los Olivos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo de Suelo: D - Ubicación: Portoviejo - Año de construcción: 1992 - Sa de respuesta: 0,70 g - CS de diseño: 0,14 - Deriva inelástica: 0,26% - R (efectivo): 5 	 <p>Figura 97: Conclusión Edificio Multifamiliar Los Olivos Fuente: (Rodríguez, 2016)</p>
<p>Hotel Centinela</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo de Suelo: D - Ubicación: Bahía de Caráquez - Año de construcción: 1991 - Sa de respuesta: 0,80 g - CS de diseño: 0,14 - Deriva inelástica: 0,56% - R (efectivo): 5,7 	 <p>Figura 98: Conclusiones Hotel Centinela Fuente: (Sánchez, 2016)</p>

Hotel Patricio

- **Tipo de Suelo:** C
- **Ubicación:** Bahía de Caráquez
- **Año de construcción:** 2014
- **Sa de respuesta:** 0,50 g
- **CS de diseño:** 0,14
- **Deriva inelástica:** 0,44%
- **R (efectivo):** 3,57



Figura 99:
Conclusiones Hotel Patricio
Fuente: (Google Earth, 2016)

Mercado Central

- **Tipo de Suelo:** D
- **Ubicación:** Manta
- **Año de construcción:** 1964
- **Sa de respuesta:** 0,93 g
- **CS de diseño:** -
- **Deriva inelástica:** 0,29%
- **R (efectivo):** -
-



Figura 100:
Conclusiones Mercado Central
Fuente: (El Diario, 2016)

Ex Banco Central

- **Tipo de Suelo:** E
- **Ubicación:** Manta
- **Año de construcción:** Hace 3 décadas
- **Sa de respuesta:** 0,70g
- **CS de diseño:** 0,13
- **Deriva inelástica:** 0,74%
- **R (efectivo):** 5,38



Figura 101: Colapso en parte superior Mercado

Fuente: (Villacrés, 2016)

Fuente: El Autor
Elaborado por: El Autor

El Hotel Patricio al ser la única estructura construida en el siglo XXI y estar asentada sobre un suelo tipo C, no tuvo daños de consideración, por lo que su rehabilitación es más por seguridad y estética a que por daños severos. Aunque el año de construcción no tiene mucho que ver con el comportamiento de la estructura ya que el edificio del Banco Ex Previsora, fue construido en el año 1998, y su daño tampoco fue de consideración, aunque este edificio llama más la atención debido a que tiene más altura que el Hotel Patricio y está asentada sobre un suelo tipo E (el Banco Ex Previsora se encuentra en la zona cero de Portoviejo), su rehabilitación solo consistió en el cambio de la mampostería por materiales más livianos (Gypsum), por lo que se puede concluir que aparte de seguir las normas vigentes, es de suma importancia ver que el método constructivo se lo aplique de la mejor manera posible.

Con los cálculos realizados se puede determinar que las derivas inelásticas de los edificios no sobrepasan el valor del 0,74% y que no sufrieron daños estructurales severos, pero si, en algunos casos, daños no estructurales graves. Si observamos en el inciso de Límites de Deriva de Piso del Capítulo de Peligro Sísmico y Diseño Sismo-resistente de la NEC-15, nos indica que las derivas inelásticas máximas de estructuras de hormigón armado, estructuras metálicas y de madera (las seis edificaciones analizadas son de hormigón armado), no deben sobrepasar el 2%. Las observaciones fueron realizadas a edificios diseñados con las normas de 1979 y 2011 (esto no aplica al Mercado Central de Manta debido que fue construido en el año 1964 y ahí no existía ninguna norma de la construcción en el Ecuador). Lo anterior muestra que las normas de 1979 y 2011, anteriores a la NEC-15, aseguraban un mejor comportamiento en cuanto a las derivas inelásticas de los edificios que lo que se logra con la norma actual (en Manta, Bahía de Caráquez y Pedernales, el registro sísmico correspondió y aún excedió al considerado por la norma NEC-15 como sismo raro).

Para los 6 edificios que fueron analizados, sus métodos de rehabilitación están estipulados en el FEMA 274, por lo cual estaríamos cumpliendo con la NEC-15, debido a que, en el capítulo de Riesgos Sísmico, Evaluación, Rehabilitación de Estructuras sección 4 Rehabilitación Sísmica de Edificios, se indica que toda rehabilitación se debe ejecutar de acuerdo como esta en la

norma ASCE 41, pero esta norma se basa en la confiabilidad del FEMA 274, por lo tanto, si cumple con la NEC-15.

5.2 RECOMENDACIONES

- Disminuir el Factor de Reducción en la NEC-15, debido a que, al calcular el Factor de Reducción efectivo para las seis edificaciones analizadas, nos damos cuenta de que el valor no es mayor a 6 y en la norma actual el valor máximo es 8, por lo que se debería hacer un cambio en esta sección de la NEC-15.
- Que la NEC-15 de opciones o recomendaciones sobre que método de rehabilitación se pueda emplear, ya que en la NEC-15, lo único que nos indica es que nos guíemos de las normas americanas como el FEMA y ASCE.
- Disminuir los límites de derivas que están estipulados en la NEC-15, dado que al calcular las derivas de algunos edificios que sufrieron daños por el sismo, nos damos cuenta de que ninguno llegó ni a la mitad del límite que estipula la norma, aun cuando el sismo si correspondió al establecido en la norma (Manta, Bahía y Pedernales). Con los cálculos obtenidos y con la ayuda del Ing. Alex Villacrés, se recomienda que la deriva máxima que puede presentar una edificación de hormigón es 0,75 % para que no haya daño estructural, mientras que para que no haya daño no estructural, se recomienda una deriva máxima del 0,20%. La deriva inelástica máxima de los edificios para un sismo raro ($T_r = 475$ años) no debería exceder el valor del 1,00%.

Bibliografía

Administración Edificio Ex Banco La Previsora. (2018).

Aguilar, P. R. (2016).

Aguilar, R. (2016). Obtenido de <http://journal.espe.edu.ec/index.php/ciencia/article/download/299/284>

Alcaldía de Manta. (2016). Obtenido de <http://www.manta.gob.ec/index.php/noticias/item/2173-35-por-ciento-de-avance-registran-los-trabajos-en-el-mercado-central>

Alcivar, R. (2016).

Argudo, J. (2016). El Universo.

Biodisol. (2015). Obtenido de <http://www.biodisol.com/>

Cevallos, M. (2016). Obtenido de <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/404680-seguridad-se-impone-en-construcciones/>

El Comercio. (2016). Obtenido de <http://www.elcomercio.com/actualidad/quito-rehabilitacion-capilla-sismos-municipio.html>

El Comercio. (2016). Obtenido de <http://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador-demoliciones-manabi-esmeraldas.html>

El Comercio. (2016). Obtenido de <http://www.elcomercio.com/tendencias/guayaquil-advertencia-vulnerabilidad-sismos-estudios.html>

El Comercio. (2016). Obtenido de <http://www.elcomercio.com/actualidad/quito-iglesia-nono-rehabilitacion-sismos.html>

- El Diario . (2016). Obtenido de <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/384876-presos-de-29-anos-muere-en-la-carcel-el-rodeo-de-portoviejo/>
- El Diario. (2016). Obtenido de <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/402095-aporte-privado-para-la-iglesia-maria-auxiliadora-de-pedernales/>
- El Diario. (2016). Obtenido de <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/449700-el-palacio-municipal-de-portoviejo-espera-en-medio-de-la-regeneracion/>
- El Universo . (2016). Obtenido de <http://radiomorena640.com/estudios-tecnicos-se-ejecutan-reparar-catedral-guayaquil/>
- Epachon. (2014). Obtenido de <https://epachon.wordpress.com/2014/01/16/e-4-refuerzo-de-pilares-de-hormigon-armado-mediante-encamisado-o-recrecido-de-su-seccion/>
- Google Earth. (2016). Obtenido de <https://www.google.com/intl/es/earth/>
- Guevara, T. (2004). Obtenido de <http://helid.digicollection.org/en/d/Js8287s/6.6.2.html>
- IGEPN. (2017). Obtenido de <http://www.igepn.edu.ec/1324-informe-sismico-especial-n-18-2016.html>
- Jovita, M. (2012). Obtenido de <https://es.slideshare.net/NancyMuozSalazar/muros-de-corte>
- Magnaplus. (2014). Obtenido de <http://bellavista.magnaplus.org/articulo/-/articulo/AD3507/escala-de-mercalli>
- Mera, W. (2016).
- MIDUVI. (2017). Obtenido de <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/>
- Mora, D., & Durán, J. (2013). Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6069/T-PUCE-6315.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- NEC-SE-DS. (2014). Obtenido de <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-S%C3%ADsmico-parte-1.pdf>
- NEC-SE-RE. (2014). Obtenido de <https://online.portoviejo.gob.ec/docs/nec10.pdf>
- PLANPROCONS. (2016).
- Proarca. (2014). Obtenido de <http://www.proarca.com/blog/blog1.php/quieres-aprender-a-instalar-drywall>
- Pulido, I. (2015). Obtenido de <http://jdmoreno3.blogspot.com/2015/02/refuerzo-de-pilares-de-hormigon-armado.html>
- Rodríguez, I. C. (2016).
- Sánchez, I. T. (2016).
- Suárez, A. (2016). Obtenido de <https://www.arquidiocesisdeguayaquil.org.ec/se-reinauguro-iglesia-de-pedernales/>
- Tenelema, G. (2016). Obtenido de <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/451919-el-hotel-ceibo-real-abrio-sus-puertas-con-una-nueva-tecnologia/>
- Universo, E. (2016). Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2016/06/30/nota/5664132/temor-peatones-pasar-edificio-unidad-vigilancia>
- Vásquez, K. (2012). Obtenido de <https://es.slideshare.net/KevinArnoldVasquezBarreto/muros-de-corte-o-placas>
- Venegas, D. (2014). Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10472/1/CD-6197.pdf>

Vidal, F., & Antonio García, M. N. (2010). Obtenido de http://masteres.ugr.es/geomet/pages/info_academica/asig/zonifica

Villacrés, I. A. (2016).

Yagual, D. (2014). Obtenido de <https://es.slideshare.net/dussanyagual/reforzamientos-de-estructuras>

per

Anexos

ANEXO 1

Cartas enviadas

Guayaquil, 21 de Diciembre de 2017

Señor Ingeniero
Marcos Paredes
Director Regional
Portoviejo

De mis consideraciones:

Yo, Sr. Jefferson Ronald Loaiza Tacury, con CI 070469012 me encuentra realizando un Trabajo de Titulación sobre el tema "Estudio de los métodos de rehabilitación usados en edificios afectados por el sismo del 16 de abril de 2016 en el Ecuador.", para lo cual requiero copia de la información técnica existente en el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, sobre el reforzamiento de los siguientes edificios en esa ciudad:

Edificio Ex Banco La Previsora, que está ubicado en las calles Avenida Olmedo y Córdova.

Edificio Palacio de Justicia, que está ubicado en las calles Avenida Chile y Sucre.

Hotel Ceibo Dorado, que está ubicado en las calles Pedro Gual y Espejo.

Hotel Ceibo Real, que está ubicado en las calles Avenida Manabí y Pio Montufar.

Edificio Banco del Pacifico, que está ubicado en las calles Avenida Chile y 10 de Agosto.

Edificios Multifamiliares Los Tamarindos y Los Olivos, que están ubicados en las calles Avenida Del Ejército y Ciudadela de Los Olivos.

Edificio de la Defensoría Pública, que está ubicado en las calles Avenida José María Urbina diagonal al Estadio Reales Tamarindos.

Clinica Santa Margarita, que está ubicado en las calles 18 de octubre y Simón Bolívar.

Complejo Deportivo La California, que está ubicado en las calles Avenida Olímpica y Avenida Bolivariana.

El Centro Penitenciario El Rodeo, que está ubicado en el Kilómetro 10, Vía a Rio Chico.

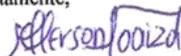
Edificio del Palacio Municipal, que está ubicado en calles Avenida Morales, Colón, Avenida Olmedo y Bolívar.

Edificio El Barón, que está ubicado en las calles Córdova entre Olmedo y Ricaurte.

Este trabajo de investigación busca identificar los criterios técnicos aplicados en reforzamientos 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 agradecido por la colaboración que el MIDUVI pueda prestar al tema explicado.

Muy atentamente,



Sr. Jefferson Ronald Loaiza Tacury
Estudiante de la Facultad de Ingeniería, UCSG
Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

Anexos: Fotografías y ubicaciones de los edificios referidos

c.c. Archivo

Guayaquil, 21 de Diciembre del 2017

Señor Ingeniero
Marcos Paredes
Director Regional
Portoviejo

De mis consideraciones:

Yo, Sr. Jefferson Ronald Loaiza Tacury, con CI: 0704690312 me encuentro realizando un Trabajo de Titulación sobre el tema "Estudio de los métodos de rehabilitación usados en edificios afectados por el sismo del 16 de abril de 2016 en el Ecuador", para lo cual requiero copia de la información técnica existente en el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, sobre el reforzamiento de los siguientes edificios en esa ciudad:

Edificio Corporación Nacional de Electricidad (CNEL), que está ubicado en las calles Avenida Malecón y calle 6-A.

Edificio de la Facultad de Informática de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, que está ubicado en las calles Avenida Circunvalación y Vía a San Mateo.

Edificio Municipal de Manta, que está ubicado en las calles Avenida 4 y Calle 9.

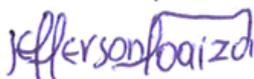
Edificio Mercado Central de Manta, que está ubicado en las calles Avenida 16 y Calle 12.

Hotel Chávez Inn, que está ubicado en las calles Avenida 106 y Calle 106.

Este trabajo de investigación busca identificar los criterios técnicos aplicados en el reforzamiento 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 agradecido por la colaboración que el MIDUVI me pueda prestar en el tema explicado.

Muy atentamente,



Sr. Jefferson Ronald Loaiza Tacury
Estudiante de la Facultad de Ingeniería
Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

Anexos: Fotografías y ubicaciones de los edificios referidos

c.c. Archivo



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Guayaquil, 28 de Noviembre de 2017

Señor Abogado
Jaime Nebot Saadi
Alcalde de Guayaquil
Guayaquil

De nuestras consideraciones:

Nuestro estudiante de la Facultad de Ingeniería, Sr. Jefferson Ronald Loaiza Tacury, se encuentra realizando un Trabajo de Titulación sobre el tema “Estudio de los métodos de rehabilitación usados en edificios afectados por el sismo del 16 de abril de 2016 en el Ecuador”, para lo cual requiere copia de la información técnica existente en la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil, sobre el reforzamiento de los siguientes edificios en esta ciudad:

Unidad de Vigilancia Comunitaria (UVC) o Cuartel Modelo, que está ubicada en las calles Avenida de las Américas y Calle 11 A NO.

La Catedral de San Pedro Apóstol, que está ubicada entre las calles Boyacá, Clemente Ballén, 10 de Agosto y Chimborazo.

Este trabajo de investigación busca identificar los criterios técnicos aplicados en el reforzamiento 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 la M. I. Municipalidad de Guayaquil 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

Anexos: Fotografías y ubicaciones de los edificios referidos

c.c.	Ec. Mauro Toscanini Segale, Ph.D.	Rector
	Ing. Walter Mera Ortiz, Ph.D.	Vicerrector de Investigación y Desarrollo, UCSG
	Ing. Clara Glas Cevallos, M.Sc.	Coordinadora de Titulación, UCSG
	Sr. Jefferson Loaiza Tacury	Estudiante de Ingeniería Civil, UCSG

Guayaquil, 28 de Noviembre de 2017

Señor

Gabriel Alcívar Robles
Alcalde de Pedernales
Pedernales

De nuestras consideraciones:

Nuestro estudiante de la Facultad de Ingeniería, Sr. Jefferson Ronald Loaiza Tacury, se encuentra realizando un Trabajo de Titulación sobre el tema “Estudio de los métodos de rehabilitación usados en edificios afectados por el sismo del 16 de abril de 2016 en el Ecuador”, para lo cual requiere copia de la información técnica existente en el Gobierno Autónomo Descentralizado de Pedernales, sobre el reforzamiento de los siguientes edificios en esa ciudad:

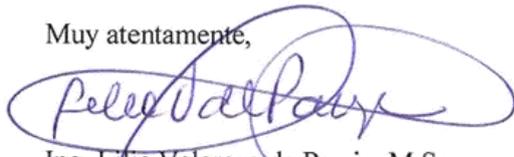
Iglesia María Auxiliadora, que está ubicada en las calles Eloy Alfaro y Gonzales Suarez.

Hotel Yam Yam, que está ubicado en las calles Gonzales Suarez y Avenida Juan Pereira.

Este trabajo de investigación busca identificar los criterios técnicos aplicados en el reforzamiento 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

Anexos: Fotografías y ubicaciones de los edificios referidos

c.c.	Ec. Mauro Toscanini Segale, Ph.D.	Rector
	Ing. Walter Mera Ortiz, Ph.D.	Vicerrector de Investigación y Desarrollo, UCSG
	Ing. Clara Glas Cevallos, M.Sc.	Coordinadora de Titulación, UCSG
	Sr. Jefferson Loaiza Tacury	Estudiante de Ingeniería Civil, UCSG



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

Guayaquil, 28 de Noviembre de 2017

Señor Ingeniero
Agustín Casanova Cedeño
Alcalde de Portoviejo
Portoviejo

De nuestras consideraciones:

Nuestro estudiante de la Facultad de Ingeniería, Sr. Jefferson Ronald Loaiza Tacury, se encuentra realizando un Trabajo de Titulación sobre el tema "Estudio de los métodos de rehabilitación usados en edificios afectados por el sismo del 16 de abril de 2016 en el Ecuador.", para lo cual requiere copia de la información técnica existente en el Gobierno Autónomo Descentralizado de Portoviejo, sobre el reforzamiento de los siguientes edificios en esa ciudad:

- Edificio Ex Banco La Previsora, que está ubicado en las calles Avenida Olmedo y Córdova.
- Edificio Palacio de Justicia, que está ubicado en las calles Avenida Chile y Sucre.
- Hotel Ceibo Dorado, que está ubicado en las calles Pedro Gual y Espejo.
- Hotel Ceibo Real, que está ubicado en las calles Avenida Manabí y Pío Montufar.
- Edificio Banco del Pacífico, que está ubicado en las calles Avenida Chile y 10 de Agosto.
- Edificios Multifamiliares Los Tamarindos y Los Olivos, que están ubicados en las calles Avenida Del Ejército y Ciudadela de Los Olivos.
- Edificio de la Defensoría Pública, que está ubicado en las calles Avenida José María Urbina diagonal al Estadio Reales Tamarindos.
- Clínica Santa Margarita, que está ubicado en las calles 18 de octubre y Simón Bolívar.
- Complejo Deportivo La California, que está ubicado en las calles Avenida Olímpica y Avenida Bolivariana.
- El Centro Penitenciario El Rodeo, que está ubicado en el Kilómetro 10, Vía a Río Chico.
- Edificio del Palacio Municipal, que está ubicado en las calles Avenida Morales, Colón, Avenida Olmedo y Bolívar.

Este trabajo de investigación busca identificar los criterios técnicos aplicados en reforzamientos 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 Vatafezo de Pareja, M.Sc.
Decana de la Facultad de Ingeniería, UCSG
Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

Anexos: Fotografías y ubicaciones de los edificios referidos

c.c.	Ec. Mauro Toscanini Segale, Ph.D.	Rector
	Ing. Walter Mera Ortiz, Ph.D.	Vicerrector de Investigación y Desarrollo, UCSG
	Ing. Clara Glas Cevallos, M.Sc.	Coordinadora de Titulación, UCSG
	Sr. Jefferson Loaiza Tacury	Estudiante de Ingeniería Civil, UCSG

Guayaquil, 26 de Noviembre de 2017

Señor

José Yúnez Parra

Alcalde de Samborondón

Samborondón

De nuestras consideraciones:

Nuestro estudiante de la Facultad de Ingeniería, Sr. Jefferson Ronald Loaiza Tacury, se encuentra realizando un Trabajo de Titulación sobre el tema “Estudio de los métodos de rehabilitación usados en edificios afectados por el sismo del 16 de abril de 2016 en el Ecuador”, para lo cual requiere copia de la información técnica existente en la Ilustre Municipalidad de Samborondón, sobre el reforzamiento de los siguientes edificios en ese Cantón:

- Edificio Millenium, que está ubicado en la Urbanización Entre Ríos, calle Entre Ríos.
- Edificio Casas del Rio, que está ubicado en la Urbanización Entre Ríos, calle Entre Ríos.
- Edificio Samborondón Plaza, que está ubicado en el kilómetro 2 de la Avenida Samborondón.

Este trabajo de investigación busca identificar los criterios técnicos aplicados en el reforzamiento 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 la Municipalidad 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

Anexos: Fotografías y ubicaciones de los edificios referidos

c.c. Ec. Mauro Toscanini Segale, Ph.D.
Ing. Walter Mera Ortiz, Ph.D.
Ing. Clara Glas Cevallos, M.Sc.
Sr. Jefferson Loaiza Tacury

Rector
Vicerrector de Investigación y Desarrollo, UCSG
Coordinadora de Titulación, UCSG
Estudiante de Ingeniería Civil, UCSG

Guayaquil, 26 de noviembre de 2017

Señor

Jorge Zambrano Cedeño

Alcalde de Manta

Manta

De nuestras consideraciones:

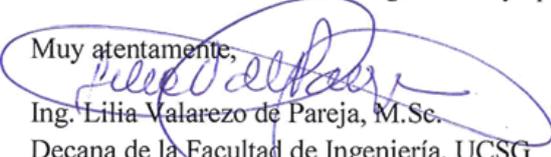
Nuestro estudiante de la Facultad de Ingeniería, Sr. Jefferson Ronald Loaiza Tacury, se encuentra realizando un Trabajo de Titulación sobre el tema “Estudio de los métodos de rehabilitación usados en edificios afectados por el sismo del 16 de abril de 2016 en el Ecuador”, para lo cual requiere copia de la información técnica existente en el Gobierno Autónomo Descentralizado de Manta, sobre el reforzamiento de los siguientes edificios en esa ciudad:

- Edificio Corporación Nacional de Electricidad (CNEL), que está ubicado en las calles Avenida Malecón y calle 6-A.
- Edificio de la Facultad de Informática de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, que está ubicado en las calles Avenida Circunvalación y Vía a San Mateo.
- Edificio Municipal de Manta, que está ubicado en las calles Avenida 4 y Calle 9.
- Edificio Mercado Central de Manta, que está ubicado en las calles Avenida 16 y Calle 12.
- Hotel Chávez Inn, que está ubicado en las calles Avenida 106 y Calle 106.

Este trabajo de investigación busca identificar los criterios técnicos aplicados en el reforzamiento 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

Anexos: Fotografías y ubicaciones de los edificios referidos

c.c.	Ec. Mauro Toscanini Segale, Ph.D.	Rector
	Ing. Walter Mera Ortiz, Ph.D.	Vicerrector de Investigación y Desarrollo, UCSG
	Ing. Clara Glas Cevallos, M.Sc.	Coordinadora de Titulación, UCSG
	Sr. Jefferson Loaiza Tacury	Estudiante de Ingeniería Civil, UCSG

ANEXO 2

Cartas Recibidas

Portoviejo, 22 de diciembre del 2017

Señores

Lider Celorio Roman

PRESIDENTE - EDIFICIO LA PREVISORA PORTOVIEJO

Frank Vargas Alvarez

ADMINISTRADOR - EDIFICIO LA PREVISORA PORTOVIEJO

En su despacho.-

De mi consideración:

Por medio de la presente le saludo deseándole a su vez éxitos en sus funciones cotidianas.

Yo, **Jefferson Ronald Loaiza Tacury**, portador de la Cédula de Ciudadanía No.0704690912 Domiciliado en **Guayaquil Kennedy Norte Mz 903 Solar 12**, Estudiante de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Carrera Ingeniería Civil Semestre X - UTE

Como es de conocimiento público el día sábado 16 de abril del 2016, la República del Ecuador y de manera especial la provincia de Manabí, fue seriamente afectada por un terremoto de magnitud 7.8 en la escala de Richter. Uno de los edificios de mayor Relevancia en la ciudad de Portoviejo y de la provincia de Manabí es el Edificio la Previsora;

En calidad de estudiante de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil solicito muy comedidamente se me facilite la copia del estudio técnico que fue realizado al Edificio Ex Banco de la Previsora de Portoviejo existente después del terremoto del 16 de abril del 2016.

Debido a que me encuentro realizando un Trabajo de Titulación sobre el tema **“Estudio de los métodos de rehabilitación usados en edificios afectados por el sismo del 16 de abril de 2016 en el Ecuador”**

La información que se me facilite será solamente utilizada para fines estudiantiles, cualquier mal uso de esta, me acojo ante las leyes demandantes.

Atentamente,

Jefferson Ronald Loaiza Tacury

C.I. No.0704690912

Telf. 0987611580

Correo electrónico: jefferrsonronald_10@hotmail.com

22-12-2017
12:36 PM

CONDOMINIO
BANCO LA PREVISORA
ADMINISTRACIÓN
PORTOVIEJO

Guayaquil, 21 de diciembre de 2017

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

De mis consideraciones:

Yo, Sr. Jefferson Ronald Loaiza Tacury, con CI 070469012 me encuentra realizando un Trabajo de Titulación sobre el tema "Estudio de los métodos de rehabilitación usados en edificios afectados por el sismo del 16 de abril de 2016 en el Ecuador.", para lo cual requiero copia de la información técnica existente en el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, sobre el reforzamiento de los siguientes edificios en esa ciudad:

Edificio Ex Banco La Previsora, que está ubicado en las calles Avenida Olmedo y Córdova.

Edificio Palacio de Justicia, que está ubicado en las calles Avenida Chile y Sucre.

Hotel Ceibo Dorado, que está ubicado en las calles Pedro Gual y Espejo.

Hotel Ceibo Real, que está ubicado en las calles Avenida Manabí y Pio Montufar.

Edificio Banco del Pacifico, que está ubicado en las calles Avenida Chile y 10 de Agosto.

Edificios Multifamiliares Los Tamarindos y Los Olivos, que están ubicados en las calles Avenida Del Ejército y Ciudadela de Los Olivos.

Edificio de la Defensoría Pública, que está ubicado en las calles Avenida José María Urbina diagonal al Estadio Reales Tamarindos.

Clínica Santa Margarita, que está ubicado en las calles 18 de octubre y Simón Bolívar.

Complejo Deportivo La California, que está ubicado en las calles Avenida Olímpica y Avenida Bolivariana.

El Centro Penitenciario El Rodeo, que está ubicado en el Kilómetro 10, Vía a Rio Chico.

Edificio del Palacio Municipal, que está ubicado en calles Avenida Morales, Colón, Avenida Olmedo y Bolívar.

Edificio El Barón, que está ubicado en las calles Córdova entre Olmedo y Ricaurte.

Este trabajo de investigación busca identificar los criterios técnicos aplicados en reforzamientos 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 agradecido por la colaboración que el MTOP pueda prestar al tema explicado.

Muy atentamente,

Sr. Jefferson Ronald Loaiza Tacury
Estudiante de la Facultad de Ingeniería, UCSG
Universidad Católica de Santiago de Guayaquil



Guayaquil, 21 de Diciembre del 2017

Señor Ingeniero
Marcos Paredes
Director Regional
Portoviejo

De mis consideraciones:

Yo, Sr. Jefferson Ronald Loaiza Tacury, con CI: 0704690312 me encuentro realizando un Trabajo de Titulación sobre el tema "Estudio de los métodos de rehabilitación usados en edificios afectados por el sismo del 16 de abril de 2016 en el Ecuador", para lo cual requiero copia de la información técnica existente en el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, sobre el reforzamiento de los siguientes edificios en esa ciudad:

Edificio Corporación Nacional de Electricidad (CNEL), que está ubicado en las calles Avenida Malecón y calle 6-A.

Edificio de la Facultad de Informática de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, que está ubicado en las calles Avenida Circunvalación y Vía a San Mateo.

Edificio Municipal de Manta, que está ubicado en las calles Avenida 4 y Calle 9.

Edificio Mercado Central de Manta, que está ubicado en las calles Avenida 16 y Calle 12.

Hotel Chávez Inn, que está ubicado en las calles Avenida 106 y Calle 106.

Este trabajo de investigación busca identificar los criterios técnicos aplicados en el reforzamiento 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 agradecido por la colaboración que el MIDUVI me pueda prestar en el tema explicado.

Muy atentamente,



Sr. Jefferson Ronald Loaiza Tacury
Estudiante de la Facultad de Ingeniería
Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

Anexos: Fotografías y ubicaciones de los edificios referidos

c.c. Archivo

2952.
MINISTERIO DE DESARROLLO
URBANO Y VIVIENDA
RECIBI CONFORME
Fecha: 21/12/2017
Hora: 8:30
FIRMA



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Loaiza Tacury, Jefferson Ronald**, con C.C: # **0704690312** autor del trabajo de titulación: **Estudio de los métodos de rehabilitación usados en edificios afectados por el sismo del 16 de abril de 2016 en el Ecuador.** 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

Nombre: **Loaiza Tacury, Jefferson Ronald**,

C.C: **0704690312**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	ESTUDIO DE LOS MÉTODOS DE REHABILITACIÓN USADOS EN EDIFICIOS AFECTADOS POR EL SISMO DEL 16 DE ABRIL DE 2016 EN EL ECUADOR.		
AUTOR	JEFFERSON RONALD LOAIZA TACURY		
TUTOR	ALEX RAÚL VILLACRÉS SÁNCHEZ		
INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL		
FACULTAD:	INGENIERÍA		
CARRERA:	INGENIERÍA CIVIL		
TÍTULO OBTENIDO:	INGENIERO CIVIL		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	13 DE MARZO DE 2018	No. DE PÁGINAS:	150
ÁREAS TEMÁTICAS:	ESTRUCTURAS		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Sismo, coeficiente sísmico, factor de reducción efectiva, derivas, aligeramiento, arriostramiento, encamisado de concreto, muros de corte		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>En este Trabajo de Título se hizo un compilado de información acerca de las edificaciones que fueron rehabilitadas o que iban hacer rehabilitadas después del terremoto del 16 de abril de 2016. Para identificar las edificaciones se buscó en periódicos, artículos técnicos, informes de profesionales y artículos de internet. Una vez identificadas las edificaciones, se procedió a enviar cartas a las entidades correspondientes para solicitar información acerca del edificio y del método de rehabilitación. Una vez que se obtuvo dicha información, se procedió a obtener el desplazamiento y la aceleración elásticas durante el sismo de sistemas de un grado de libertad con período de vibración igual al de las edificaciones, en base a la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 (NEC-15). Posteriormente, se obtuvo el coeficiente sísmico de diseño de los edificios, usando los códigos vigentes en la época de su construcción, para posteriormente calcular el factor de reducción efectivo, que es la relación entre la respuesta elástica del sistema de 1 GDL durante el sismo con el coeficiente sísmico de diseño. Una vez que se obtuvo el factor de reducción efectivo, se pudo entender parcialmente las deficiencias que tuvieron las edificaciones en su respuesta ante el sismo. A su vez, con la información suministrada se pudo conocer el método con el que se rehabilitó la edificación o las alternativas que se consideraron para rehabilitar. Con esta información se procedió a determinar si estos métodos cumplen con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4-987611580	E-mail: jeffersonronald_10@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Clara Glas Cevallos		
	Teléfono: +593-4 -2206956		
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			