

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA**

CARRERA INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

Estudio de las causas de demolición de edificios afectados por el sismo del 16 de abril de 2016 en Pedernales.

AUTOR:

Elbert Chávez Gema Alejandra

Trabajo de titulación

Previo a la obtención del título de: INGENIERO CIVIL

TUTOR:

Ing. Villacrés Sánchez, Alex, MSc

Guayaquil, Ecuador

25 de Septiembre del 2018



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

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Elbert Chávez Gema Alejandra**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR

f. _____

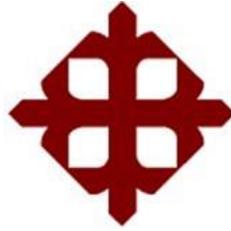
Ing. Villacrés Sánchez, Alex, MSc

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther, MSc

Guayaquil, a los 25 del mes de Septiembre del año 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, Elbert Chávez Gema Alejandra

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Estudio de las causas de demolición de edificios afectados por el sismo del 16 de abril de 2016 en Pedernales**, 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.

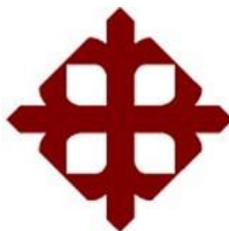
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 25 del mes de Septiembre del año 2018

LA AUTORA

f. _____

Elbert Chávez Gema Alejandra



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA**

CARRERA INGENIERÍA CIVIL AUTORIZACIÓN

Yo, Elbert Chávez Gema Alejandra

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

Guayaquil, a los 25 del mes de Septiembre del año 2018

LA AUTORA

f. _____

Elbert Chávez Gema Alejandra

REPORTE URKUND

The screenshot displays the URKUND interface with the following details:

- Documento:** TRABAJO DE TITULO GEMA ELBERT1.pdf (D41059198)
- Presentado:** 2018-08-30 18:42 (-05:00)
- Presentado por:** Clara Glas (claglas@hotmail.com)
- Recibido:** clara.glas.ucsg@analysis.orkund.com
- Mensaje:** TRABAJO DE TITULO GEMA ELBERT. [Mostrar el mensaje completo](#)

Lista de fuentes Bloques:

Categoría	Enlace/nombre de archivo
[Icon]	TESIS JONATHAN JAVIER COPETE ORTIZ-URKUND.docx
[Icon]	NEC-11.docx
[Icon]	GALARZA_RICARDO_TRABAJO_TITULACION-ESTRUCT...
[Icon]	GALARZA_RICARDO_TRABAJO_TITULACION-ESTRUCT...
[Icon]	tesis_unida[1].docx

Significance: 6% de estas 30 páginas, se componen de texto presente en 5 fuentes.

Text Excerpts:

su aceleración pico está por debajo del espectro de respuesta del acelerograma de pedernales. El espectro de respuesta de diseño con una aceleración máxima $S_a=1.86g$ su aceleración pico está por debajo del espectro de respuesta del acelerograma de pedernales. $S_a=2.54g$

48 Dirección: N-S Se puede mostrar que el espectro de respuesta de diseño con una aceleración espectral máxima $S_a=2.54g$ su aceleración pico está por encima del espectro de respuesta del acelerograma de pedernales. El espectro de respuesta de diseño con una aceleración máxima $S_a=1.86g$ su aceleración pico coinciden del espectro de respuesta del acelerograma de pedernales. $S_a=2.54g$ $S_a=1.86g$ $S_a=2.54g$ $S_a=1.86g$

47 4.3. CALCULO DEL PERIODO DE VIBRACIÓN DE LOS EDIFICIOS h Ct=



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TRABAJO DE TITULO GEMA ELBERT1.pdf (D41059198)
Submitted: 8/31/2018 1:42:00 AM
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 6 %

Sources included in the report:

GALARZA_RICARDO_TRABAJO_TITULACION-ESTRUCTURAS_OCTUBRE-2017_orkund.docx (D31689273)
GALARZA_RICARDO_TRABAJO_TITULACION-ESTRUCTURAS_OCTUBRE-2017.docx (D31606504)
NEC-11.docx (D12186795)
TESIS JONATHAN JAVIER COPETE ORTIZ-URKUND.docx (D25069484)
HORMIGON todo.pdf (D10815754)

Instances where selected sources appear:

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, por ser mi guía en todos los momentos de mi vida por permitirme alcanzar una de las metas más importantes de mi vida como lo es mi carrera universitaria.

Así mismo agradezco a mis padres Gerarda Chávez y Salomón Elbert, por brindarme su apoyo a pesar de todas las adversidades presentadas en el camino, siempre han estado a mi lado brindándome su amor; a mis hermanos Salomón y Carlos por mantenernos siempre juntos en cada meta que nos proponemos y a mi hija Salomé por ser mi motor para seguir adelante.

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

A mi tutor de tesis el Ing. Alex Villacrés Sánchez, por guiarme en mi tema de investigación de manera acertada, ya que sus conocimientos me impulsaron a seguir a delante para culminar mi tesis.

Gema Elbert Chávez

DEDICATORIA

Dedico esta investigación principalmente a Dios por prestarme la vida para cumplir con mis metas.

A mis padres por el apoyo y el amor que me brindan día a día, a mis hermanos, familiares y en especial a mi hija Salomé ya que este crecimiento profesional no solo es para mí, sino también para cada uno de ellos.

A mi madre por el esfuerzo y dedicación para poder culminar mi carrera universitaria, y llegar a ser una profesional de calidad.

A la Universidad Santiago de Guayaquil, por lograr alcanzar la excelencia académica e impartir conocimientos a cada una de las personas que se preparan en ella.

Gema Elbert Chávez



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

f. _____

ING. ALEX VILLACRÉS SÁNCHEZ
TUTOR

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. STEFANY ALCÍVAR BASTIDAS
DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

ING. GUILLERMO PONCE
DELEGADO DE COORDINADOR DEL ÁREA

f. _____

ING. JOSÉ BARROS CABEZAS
OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I	2
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. ANTECEDENTES	3
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.....	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.4. ALCANCE	4
1.5. METODOLOGÍA.....	5
CAPÍTULO II	6
2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	6
2.1. PRENSA ESCRITA	6
2.2. PAPERS.....	11
CAPÍTULO III	13
3. METODOLOGÍA	13
3.1. NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN -2015.....	13
3.1.1. DETERMINACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN SÍSMICA Y FACTOR Z. 13	
3.1.2. TIPOS DE PERFILES DE SUELOS PARA EL DISEÑO SÍSMICO. .	14
3.1.3. COEFICIENTES DE PERFIL DE SUELO FA, FD Y FS.	16
3.1.4. ESPECTRO DE RESPUESTA ELÁSTICO DE ACELERACIONES SEGÚN LA NEC-15.....	18

3.15. PERIODO DE VIBRACIÓN.....	21
3.1.6. ESPECTRO ELÁSTICO DE DESPLAZAMIENTO.	21
3.1.7. DERIVA MÁXIMA.	23
3.2. NORMAS O CÓDIGOS ECUATORIANOS DE LA CONSTRUCCIÓN....	23
3.2.1. CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN -79 (CEC-79)	23
3.2.2. FACTOR DE IMPORTANCIA.	24
3.2.3. FACTOR DE FUERZA HORIZONTAL “K” PARA EDIFICIOS U OTRAS ESTRUCTURAS.	25
COEFICIENTE NUMÉRICO (C)	26
3.2.5. PERIODO ELÁSTICO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	27
3.2.5. COEFICIENTE NUMÉRICO DE RESONANCIA ENTRE LA ESTRUCTURA Y EL SITIO (S).	27
3.2.6. COEFICIENTE SÍSMICO.....	27
3.2.7. CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN -2002 (CEC-02). 27	
3.2.7.1. ZONAS SÍSMICAS Y FACTOR DE ZONA Z.....	27
3.2.7.2. GEOLOGÍA LOCAL Y PERFILES DE SUELO. COEFICIENTE S Y CM. 28	
3.2.7.3. PERIODO DE VIBRACIÓN.....	28
3.2.7.4. ESPECTRO SÍSMICO ELÁSTICO DE DISEÑO.	29
3.2.7.5. FACTOR DE IMPORTANCIA.	29
3.2.7.6. CORTANTE BASAL.	30
3.2.7.7. COEFICIENTE DE CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACIÓN CEC-02	31
3.2.7.8. FACTOR DE REDUCCIÓN SÍSMICO R.....	32

3.3.	NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN 2011 (NEC-11).....	32
3.3.1.	DETERMINACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN SÍSMICA Y FACTOR Z.	32
3.3.2.	TIPOS DE PERFILES DE SUELOS PARA EL DISEÑO SÍSMICO. .	33
3.3.3.	COEFICIENTES DE PERFIL DE SUELO FA, FD Y FS.	35
3.3.4.	ESPECTRO DE DISEÑO ELÁSTICO DE ACELERACIONES SEGÚN LA NEC- 11.	36
3.3.5.	CORTANTE BASAL	39
3.3.6.	COEFICIENTES DE CONFIGURACIÓN EN PLANTA Y ELEVACIÓN.	40
3.3.7.	COEFICIENTE DE IMPORTANCIA	42
3.3.8.	FACTOR DE REDUCCIÓN DE LA RESPUESTA SÍSMICA.	43
3.3.9.	CARGA SÍSMICA REACTIVA	44
3.3.10.	PERIODO DE VIBRACIÓN.....	45
3.3.11.	ESPECTRO DE DISEÑO INELÁSTICO.	45
3.3.12.	FACTOR DE REDUCCIÓN SÍSMICO EFECTIVO (REFECTIVO) ...	45
3.4.	EDIFICIOS DEMOLIDOS PARCIALMENTE	46
4.	MEMORIA DE CÁLCULOS	47
4.1.	CÁLCULOS DE LOS EDIFICIOS	47
4.2.	ESPECTRO DE RESPUESTA DE ACELEROGRAMAS EN ESTACIONES CERCANAS A PEDERNALES	49
4.3.	CÁLCULO DEL PERIODO DE VIBRACIÓN DE LOS EDIFICIOS	47
4.4.	ANÁLISIS DE LOS EDIFICIOS	51
4.5.	COEFICIENTE SÍSMICO DE ACUERDO A LA NORMA O CEC	56
4.6.	FACTOR DE REDUCCIÓN EFECTIVO	70

4.7.	ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO EN DESPLAZAMIENTOS	72
4.8.	DERIVA MÁXIMA DEL EDIFICIO	74
	CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
5.1.	CONCLUSIONES.....	92
5.2.	RECOMENDACIONES	93
	BIBLIOGRAFÍA	57

RESUMEN

Se estudiaron las causas de la demolición de edificios afectados por el sismo del 16 de abril del 2016 en la ciudad de Pedernales, Provincia de Manabí. Se realizó la respectiva investigación en periódicos, artículos técnicos, reportes técnicos y fotografías de los edificios afectados, donde se encontraron edificios de los cuales se requería conocer los motivos de su demolición. Se procedió a enviar cartas a entidades públicas como el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Pedernales y el MIDUVI, para solicitar información sobre las causas de la demolición de los edificios. Dicha información solo se obtuvo parcialmente por falta de respuesta efectiva de las entidades públicas. El proyecto se continuó con la determinación del tipo de suelo donde se encontraban los edificios, obtención de registro sísmico de aceleraciones, los espectros de respuesta elásticos de aceleración de sistemas de 1 GDL durante el sismo, los espectros de respuesta elásticos de desplazamiento, la deriva inelástica máxima, los coeficientes sísmicos de diseño y el valor de reducción de la respuesta elástica efectivos R que tuvieron los edificios durante el sismo. Dichos análisis se basaron en la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 y las normas vigentes en el año de construcción de cada edificio. Una vez que se obtuvieron dichos resultados se procedió a valorar si hubo motivos técnicos para su demolición y como pueden ayudar los resultados del presente estudio a establecer parámetros para futuras decisiones sobre la demolición o recuperación de edificios afectados por sismos en el Ecuador.

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

ABSTRACT

The causes of the demolition of buildings affected by the earthquake of April 16, 2016 in the city of Pedernales, Province of Manabí, were studied. The respective investigation was carried out in newspapers, technical articles, technical reports and photographs of the affected buildings, where buildings were found which required the reasons for their demolition. We proceeded to send letters to public entities such as the Municipal Autonomous Decentralized Government of Pedernales and MIDUVI, to request information on the causes of the demolition of the buildings. This information was only partially obtained due to lack of effective response from public entities. The project was continued with the determination of the type of soil where the buildings were located, obtaining seismic record of accelerations, the elastic response spectra of acceleration of 1 GDL systems during the earthquake, the elastic response spectra of displacement, the drift maximum inelastic, the design seismic coefficients and the reduction value of the effective elastic response R that the buildings had during the earthquake. These analyzes were based on the 2015 Ecuadorian Construction Standard and the regulations in force in the year of construction of each building. Once these results were obtained, we proceeded to assess if there were technical reasons for demolition and how the results of this study can help to establish parameters for future decisions on the demolition or recovery of buildings affected by earthquakes in Ecuador.

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

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Los movimientos telúricos han generado graves problemas para la seguridad de las personas a lo largo de la historia de la humanidad, trayendo consigo muertes y pérdidas materiales, los cuales se caracterizan por su potencial trágico y por lo inesperado, debido a ello los Estados del mundo utilizaron la tecnología a favor del pronóstico de estos acontecimientos, con el afán de minimizar su potencial devastador, (Cordoba, 2015, p. 10).

Los sismos son perturbaciones súbitas en el interior de la tierra que dan origen a vibraciones o movimientos del suelo, la causa principal y responsable de la mayoría de los sismos es la ruptura y fracturamiento de las rocas en las capas más exteriores de la tierra, como resultado de un proceso gradual de acumulación de energía debido a los fenómenos geológicos que deforman la superficie de la tierra. En su interior ocurren fracturamientos súbitos que, cuando la energía acumulada excede la resistencia de las rocas ocurre la ruptura y se propaga en el interior de la tierra una serie de ondas sísmicas que al llegar a la superficie sentimos como un temblor, generalmente los sismos ocurren en zonas de debilidad de la corteza terrestre que llamamos fallas geológicas. El sitio donde se inicia la ruptura se llama foco y su proyección en la superficie de la tierra es el epicentro, (Lagos, 2014, p. 4).

El 16 de abril del 2016 fue una fecha que marcó a los ecuatorianos tras vivir un terremoto que sacudió el país dejando pérdidas profundas y lamentables, no solo en la parte económica e infraestructura sino en la parte más vulnerable la humana.

Este terremoto de 7.8 grados en la escala de Richter, trajo consigo no solo un gran desastre sino réplicas que duraron varios meses con magnitudes inesperadas las que alarmaban constantemente a la población, (Sanchez, 2017, p. 17).

El epicentro de evento telúrico fue en el cantón Pedernales y debido a su intensidad sísmica en muchos de los cantones del país las edificaciones quedaron con serios daños en sus estructuras muchas de las cuales colapsaron y otras demolidas por el estado en el que se encontraban.

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

1.1. ANTECEDENTES

El 16 de abril del 2016 fue una fecha que marcó a los ecuatorianos tras vivir un terremoto que sacudió el país dejando pérdidas profundas y lamentables, no solo en la parte económica e infraestructura sino en la parte más vulnerable, la humana.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

En muchas zonas sísmicas se han construido innumerables edificios de acuerdo con códigos sísmicos obsoletos o sin ningún tipo de provisión sismo resistente. Como consecuencia, muchos de ellos pueden sufrir diferentes grados de daño durante terremotos fuertes y, en muchos casos, su seguridad puede llegar a ser dudosa, (Carreño & Cardona, 2011, p. 1).

Para obtener un diagnóstico del estado de un edificio después de un terremoto, que proporcione información fiable sobre su habitabilidad y reparabilidad, es necesario tener en cuenta no solo los diferentes niveles de daño en los elementos estructurales sino también su estabilidad. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo un proceso preciso de evaluación de los daños que requiere la participación de profesionales expertos en el campo de las estructuras, de la mecánica de suelos, de la evaluación de daños y de la rehabilitación de edificios.

Con el presente trabajo de investigación se pretende dar a conocer si la decisión de demoler las edificaciones por parte del MIDUVI y otras entidades públicas y privadas responsables de la toma de decisión para la demolición, lo realizaron en base a los estudios técnicos y los tipos de ensayo que se requiere.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar si los edificios demolidos en el cantón Pedernales, epicentro del sismo del 16 de abril de 2016, tenían daños que ameritaban dicha demolición desde el criterio de la Ingeniería Civil.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dar a conocer las causas de demolición de los edificios afectados por el sismo.
- Realizar un análisis de las causas por las cuales los edificios de Pedernales fueron demolidos.
- Evaluar de manera técnica las causas por las cuales colapsaron y se demolieron los edificios en el cantón Pedernales de la provincia de Manabí.

1.4. ALCANCE

Se estudiarán todos los casos disponibles o accesibles de demolición de los edificios que sufrieron afectación por causa del terremoto del 16 de abril de 2016 en la ciudad de Pedernales, determinando los tipos de daños sufridos, las características arquitectónicas y estructurales del edificio y el tipo de suelo según la NEC-2015, NEC-SE-DS.

Se determinarán el período fundamental de vibración del edificio y los valores de la respuesta elástica de aceleración y desplazamiento correspondientes a un sistema de 1 grado de libertad (1 GDL) con período de vibración igual al de la estructura según la NEC-2015, NEC-SE-DS.

Se estimará la deriva elástica y la deriva plástica del edificio, usando el método estático definido en la NEC-15 y el método del Dr. Rafael Miranda, de Stanford University.

1.5. METODOLOGÍA

Se aplicará el Capítulo de Peligro Sísmico y Diseño Sismo Resistente de la NEC-15 (Código NEC-SE-DS) para determinar los espectros elásticos de aceleración y desplazamiento para cada sitio de implantación de los edificios para el sismo del 16 de abril de 2016, así como la aceleración y el desplazamiento elásticos correspondientes a un sistema de 1 GDL con período de vibración igual al de los edificios y las derivas inelásticas máximas de los edificios durante el sismo.

CAPÍTULO II

2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

El terremoto de 7,8 de magnitud en la escala de Magnitud de momento sacudió a la costa pacífica ecuatoriana a las 18:58 horas (UTC-05:00, hora local), el movimiento telúrico se sintió en localidades cercanas a su epicentro, localizado entre las provincias de Manabí y Esmeraldas, uno de los lugares más afectados por el movimiento fue Pedernales en donde hubieron innumerables edificaciones destruidas con graves daños estructurales, los cuales han sido demolidos parcialmente o en su totalidad.

El presente capítulo tiene el propósito de encontrar información acerca de varios edificios que se vieron afectados por el sismo en el cantón Pedernales, ya que con la ayuda del Tutor, Ingeniero Alex Villacrés y la información encontrada en periódicos, papers, fotografías, sitios web e investigaciones realizadas en el área de estudio se obtendrá información importante para la realización de la investigación.

2.1. PRENSA ESCRITA

El periódico Guayaquileño El Universo es un diario matutino ecuatoriano fundado en 1921, el mismo que publica el 17 de abril del 2016 que:

El Ecuador está ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, escenario de actividad sísmica, en la que se encuentran la mitad de los volcanes activos del mundo. Además, frente a la Costa Norte del país convergen la placa de Nazca y la placa Sudamericana.

Ecuador ha tenido 40 terremotos desde 1541. Algunos han sido el resultado del desplazamiento entre dos placas tectónicas, el 16 de abril del 2016, a las 18:58, hubo un terremoto de 7,8 de magnitud y 20 kms. de profundidad, que tuvo como epicentro Muisne, ubicado entre Cojimíes y Pedernales.

AL MENOS 41 MUERTOS POR SISMO DE MAGNITUD 7,8 QUE SACUDIÓ VARIAS ZONAS DEL PAÍS

TERREMOTO Y ANGUSTIA



Imagen N° 1: Noticias sobre el sismo registrado

Fuente: El Universo

Así mismo expresa que Ecuador vivió momentos de pánico en diversas zonas. Con epicentro en Esmeraldas, el sismo tuvo mayor impacto en Manabí. Se declaró estado de excepción en el país y emergencia en 6 provincias.

En base a lo sucedido los medios de comunicación se pronuncian ante lo acontecido en las provincias de Esmeraldas y Manabí, dando a conocer a los ciudadanos las pérdidas humanas y los daños materiales existentes.

Es así como lo menciona el Diario Manabita el mismo que nace de la idea de 15 personas en Portoviejo el 13 de marzo de 1934, el mismo que en sus columnas presenta la noticia con el encabezado Siguen buscando a los sobrevivientes del terremoto publicación de fecha 27 de abril del 2016, expresando que el centro de operaciones ubicado en Pedernales, desde donde ratificó que quieren agotar todas las opciones de que puedan existir aún personas con vida en medio de los escombros del terremoto que sacudió a la zona hace once días. Se explica que terminada esta fase de rescate y salvamento entrarán de lleno con lo que ya se ha ido iniciando respecto de

diagnósticos de las estructuras y limpieza de predios.



Imagen N° 2: Fotografías en el lugar del sismo

Fuente: Diario Manabita

Se levantó así mismo un catastro con el Cuerpo de Ingenieros del Ejército, teniendo como prioridad las edificaciones que se han convertido en un riesgo porque aún pueden colapsar.

Otro frente de trabajo es la búsqueda de los terrenos para ubicar grandes albergues que permitan ubicar a cerca de 2.700 damnificados por el terremoto.

Negocios como tiendas de abastos, ferreterías, farmacias abrieron sus puertas para abastecer a la población.

El periódico El Universo da a conocer a través de una publicación sobre los daños existentes en infraestructuras privadas de fecha 1 de mayo del 2016, como lo expresaron en el mismo Álvaro Párraga y Miguel Andrade médicos cirujanos manabitas.

“Esperamos atender en 10 días”, augura el médico, apoyado al pilar en el que está pegada la etiqueta de ‘uso restringido’ con las observaciones:

“Fisuras parciales en paredes”, “Sin atención al público”.

Su clínica está compuesta por dos edificios. La segunda edificación, con etiqueta roja, está muy destruida. “Aquí funcionaban las terapias y consultas externas”, “Aquí tenemos unos de los pocos resonadores magnéticos de Manabí, está en una cámara y no le pasó nada; también tenemos el tomógrafo y el angiógrafo (para tratar problemas cardiovasculares), que solo hay uno en Manta y otro aquí en Portoviejo; pero si alguien se infarta ahora hay que llevarlo a Guayaquil, con el riesgo de que no llegue a tiempo”, expresa el propietario de esta clínica.

El Universo manifestó que se avanza con la remoción de escombros en las calles principales de Pedernales como la García Moreno, Eloy Alfaro y Plaza Acosta, ya han sido despejadas por personal del Cuerpo de Ingenieros del Ejército, que también lidera la demolición de construcciones afectadas por el terremoto del pasado 16 de abril.

Están a la espera de que instituciones gubernamentales elaboren los informes técnicos de la situación.

Pasado casi 17 días de lo ocurrido los uniformados derrumbaron 24 construcciones con daños estructurales severos en la parte céntrica de la ciudad. De esa cifra, cinco eran hoteles, el resto casas de planta baja y alta.

Se mencionó así mismo que 60 construcciones afectadas en las que actualmente están trabajando. Y al momento llevan 40 edificaciones derribadas.

Los escombros están siendo depositados en dos predios que cuentan con los permisos del Ministerio del Ambiente y el Municipio. Los terrenos están en la vía a Jama y Cojimíes.

Diario El Expreso, un diario Guayaquileño que fue fundado el 25 de julio de 1973 en sus columnas publicó una noticia que conmocionó a muchos de sus

lectores expresando “Algunos se han ido, yo me quedo en Pedernales” en el que dio a conocer que la arenga está escrita en algunas de las pocas paredes que están en pie, tras el terremoto que azotó al balneario a una semana del devastador sismo.



Imagen N° 3: Fotografías en el lugar del sismo

Fuente: Diario EL Expreso

Los brazos de las retroexcavadoras removieron los escombros de las viviendas que se fueron al piso. Todo bajo la atenta mirada de policías y militares que una vez revisadas las casas procedieron a llevar el material en los volquetes.

En los inmuebles y hoteles que quedaron en pie hubo una especie de minga. Sus propietarios volvieron para sacar las pocas pertenencias que no sufrieron daños. Se retiraron camas, colchones y veladores de hoteles como el Yam Yam. Los técnicos les dijeron que luego de una evaluación se determinará si puede reconstruir o es necesaria una demolición.

Diario el expreso manifestó que Reactivación no llega a todos en Pedernales en donde los servidores turísticos expresan que no han corrido con la misma suerte que los agricultores y a un mes del devastador sismo ya que si bien, los turistas han llegado significativamente, varios comuneros de Pedernales

que vivían de esta actividad no pudieron obtener ganancias.

A diferencia de los agricultores a los que se les han realizado ferias para que puedan lograr vender sus productos, las carpas se convirtieron en el espacio para ofrecer productos agrícolas o comidas tradicionales manabitas. El queso, los huevos de campo o la sal prieta fueron los preferidos de quienes acudieron al acto.

La feria fue organizada por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) y el Ministerio del Interior. Varios comerciantes que no conocían de la iniciativa se interesaron para participar en las siguientes semanas.

2.2. PAPERS

La consultoría realizada por el Ing. Rommel Yela Acosta (Consultor) contribuyó para dar a conocer las causas por las cuales los edificios del cantón Pedernales debieron ser demolidos parcialmente o en su totalidad, dando a conocer las fallas estructurales que presentaban las edificaciones en las que se realiza la investigación.

En la consultoría se determinaron las causas por las cuales los edificios fueron demolidos.

El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), como ente rector del hábitat y la vivienda en el Ecuador, dando respuesta inmediata a lo dispuesto en la Resolución No. 051-16 realizó la evaluación estructural rápida post-evento en las zonas afectadas por el terremoto, acción realizada en cooperación con el Programa de Naciones Unidas, aplicando la metodología desarrollada como parte del proyecto DIPECHO-NEC.

Inicialmente, las estructuras fueron inspeccionadas y en cada una se levantó una ficha de Evaluación Estructural Rápida Post-Evento que concluyó con una categorización de la edificación en función de su habitabilidad:

- INSEGURA (pancarta roja): la vivienda no puede ser habitada, se prohíbe el acceso.
- USO RESTRINGIDO (pancarta amarilla): la vivienda no puede ser habitada permanentemente, se restringe su uso a periodos cortos de tiempo o a áreas específicas.
- INSPECCIONADA (pancarta verde): la vivienda puede ser habitada sin que represente ningún riesgo.

En la siguiente tabla 1 basada en la información proporcionado directores y jefes de los departamentos de Planificación y Gestión de Riegos del GAD de Pedernales, se da a conocer las diferentes edificaciones reportadas con fallas estructurales:

Tabla n° 1 Edificios demolidos

EDIFICIOS DEMOLIDOS PARCIAL O TOTAL)
Edificio Venus Loor
Edificio Lider Vera
Edificio Julio Williams
Edificio Williams Center
GAD de Pedernales
Hotel Yam Yam
Edificio Juana Guacho
Hotel Last Mar
Edificio de la UPC
Edificio Frente a la UPC
Edificio Miranda Banchón

Fuente: GAD de Pedernales

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

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

Se determinan el espectro de diseño, coeficiente sísmico, cortante basal según el código o norma correspondiente al año de construcción de la infraestructura.

Obteniendo dichos parámetros se procede a determinar el factor de reducción efectivo (R efectivo) de la estructura.

3.1. NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN -2015

3.1.1. Determinación de la zonificación sísmica y factor z .

Pedernales se encuentra en una zona catalogada por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2015, NEC-SE-DS) como de máximo peligro sísmico en el Ecuador, con una aceleración esperada en roca mayor.

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

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

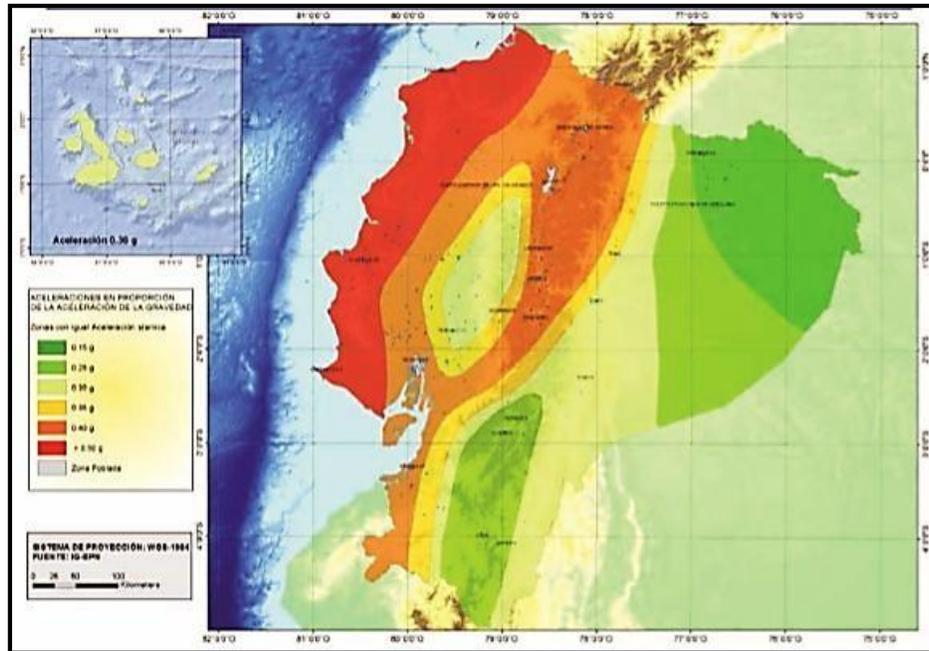


Ilustración 1 Mapa de zonas sísmicas del Ecuador y valor z.
Fuente: NEC-2015, NEC-SE-DS

3.1.2. TIPOS DE PERFILES DE SUELOS PARA EL DISEÑO SÍSMICO.

La norma ecuatoriana de la construcción da a conocer que:

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

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s > $V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_v \geq 100$ kPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	380 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 kPa > $S_v \geq 50$ 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 $w \geq 40\%$ $S_v < 50$ kPa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75)	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Ilustración 2 Perfiles de suelo según la NEC-2015, NEC-SE-DS

Fuente: NEC-2015, NEC-SE-DS

3.1.3. COEFICIENTES DE PERFIL DE SUELO FA, FD Y FS.

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

En la NEC-2015, NEC-SE-DS establece lo siguiente:

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

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

Ilustración 3 Coeficientes de ampliación de suelo Fa.

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

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

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

Ilustración 4 Coeficiente factor de sitio F_d .

Fuente: NEC-2015, NEC-SE-DS

F_s- Comportamiento no lineal de los suelos. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos. (NEC-2015, NEC-SE-DS, p. 32).

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

Ilustración 5 Coeficiente comportamiento no lineal del suelo F_s .

Fuente: NEC-2015, NEC-SE-DS

3.1.4. ESPECTRO DE RESPUESTA ELÁSTICO DE ACELERACIONES SEGÚN LA NEC-15.

Para determinar el espectro de respuesta elástica de aceleraciones S_a , se necesita el factor de zona sísmica, el tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura, la consideración de los valores de los coeficientes de amplificación de suelo F_a , F_d y F_s . (NEC-2015, NEC-SE-DS, p. 32).

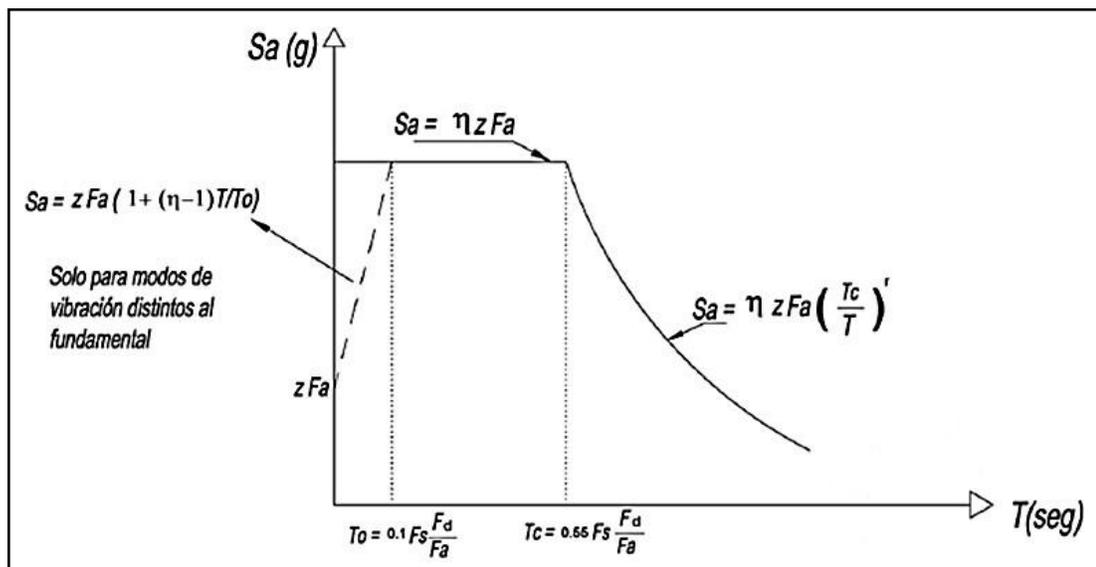


Ilustración 6 Espectro Elástico de aceleración (S_a (g))

Fuente: NEC-2015, NEC-SE-DS

En la siguiente tabla 2 se aprecia los diferentes significados en donde constan cada uno de los parámetros establecidos para determinar los espectros elásticos de aceleración.

Tabla 2: Parámetros para el espectro de aceleración.

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

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

Fuente: NEC-2015, NEC-SE-DS

Para la construcción del espectro elástico de aceleración se dé termina con las siguientes ecuaciones:

$$\text{— } S_a = z * F_a \quad \text{para } T = 0 \quad \text{Ec.1}$$

$$\text{— } S_a = z * F_a * \left(1 + (\eta - 1) * \left(\frac{T}{T_o} \right) \right) \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_o \quad \text{Ec.2}$$

$$\text{— } S_a = \eta * z * F_a \quad \text{para } T_o \leq T \leq T_c \quad \text{Ec.3}$$

$$\text{— } S_a = \eta * z * F_a * \left(\frac{T_c}{T} \right)^r \quad \text{para } T \geq T_c \quad \text{Ec.4}$$

$$\text{— } T_o = 0.1 * F_S * \left(\frac{F_d}{F_a} \right) \quad \text{Ec.5}$$

$$\text{— } T_c = 0.55 * F_S * \left(\frac{F_d}{F_a} \right) \quad \text{Ec.6}$$

3.15. PERIODO DE VIBRACIÓN.

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

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

De acuerdo con la NEC-15 determina que:

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

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

Ilustración 7 Selección del coeficiente (Ct) y α para obtener el periodo de vibración, dependiendo de tipo de estructura.

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

3.1.6. ESPECTRO ELÁSTICO DE DESPLAZAMIENTO.

En la NEC-15 da a conocer que el espectro de desplazamiento corresponde al nivel de sismo de diseño, se determina con las siguientes ecuaciones:

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

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

— $T_L = 2.4 * F_d$ Ec.10

En la siguiente tabla 3 se aprecia los diferentes significados en donde constan cada uno de los parámetros establecidos por la NEC-2015 para determinar los espectros elásticos de desplazamiento.

Tabla 3: Parámetros de espectro de desplazamientos.

PARÁMETROS	SIGNIFICADO
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

Fuente: NEC-2015, NEC-SE-DS

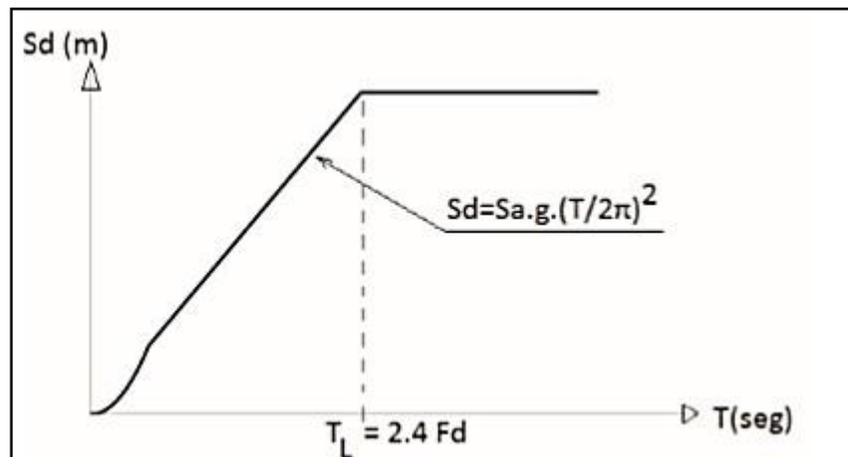


Ilustración 8 Espectro sísmico elástico de desplazamiento.

Fuente: NEC-2015, NEC-SE-DS

3.1.7. DERIVA MÁXIMA.

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

La siguiente ecuación 11 representa la deriva inelástica máxima de la estructura.

$$\Delta M = 0.75 * \frac{S_d}{H} \quad \text{Ec.11}$$

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

Ilustración 9 Límites de derivas
Fuente: NEC-2015, NEC-SE-DS

3.2. NORMAS O CÓDIGOS ECUATORIANOS DE LA CONSTRUCCIÓN.

3.2.1. CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN -79 (CEC-79)

3.2.1.1. Fuerza lateral (cortante basal)

Para determinar la fuerza lateral con la CEC-79 se calcula con la siguiente ecuación 12:

$$C_s = I * K * C * S \quad \text{Ec.12}$$

$$V = C_s * W \quad \text{Ec.13}$$

En la siguiente tabla 4 se aprecia los diferentes significados en donde constan cada uno de los parámetros para calcular la cortante basal según CEC-79.

Tabla 4: Parámetros para calcular la cortante basal

PARÁMETROS	SIGNIFICADO
I	Es el factor de importación de ocupación
K	Factor de fuerza horizontal “K” para edificios u otras estructuras.
C	Coeficiente numérico.
S	Coeficiente número de resonancia entre la estructura y el sitio
W	Es la carga muerta total más el 25% de la carga viva del piso.

Fuente: (CEC, 1979).

3.2.2. FACTOR DE IMPORTANCIA.

De acuerdo con el CEC-79 se determina en la tabla 5 los valores de factor de Importancia.

Tabla 5: Factor de Importancia según el CEC-79

TIPO DE OCUPACIÓN	I
Servicios esenciales	1,5

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

Fuente: (CEC, 1979).

3.2.3. FACTOR DE FUERZA HORIZONTAL “K” PARA EDIFICIOS U OTRAS ESTRUCTURAS.

De acuerdo con el CEC-79 se determina en la tabla 6 los valores de factor de fuerza horizontal.

Tabla 6: Valor K CEC-79

Tipo o disposición de los elementos resistentes	Valor de K
Todos los sistemas aporticados de edificios, excepto aquellos que se clasifican a continuación.	1
Edificios con un sistema de caja.	1,33
Edificios con un doble sistema de arrostramiento que consiste en un pórtico espacial dúctil resistente a flexión y muros a corte o pórticos arriostrados, analizados para los tres criterios siguientes:	

(1) Los pórticos y los muros a corte o pórticos arriostrados deben resistir la fuerza lateral total en proporción a sus rigideces relativas, considerando la interacción entre los muros a corte y los pórticos.	0,8
(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.	
(3) El pórtico espacial dúctil resistente a flexión debe tener la capacidad para resistir por lo menos el 25% de la fuerza lateral requerida.	
Edificios con un pórtico espacial dúctil resistente a flexión diseñado de acuerdo con el siguiente criterio: el pórtico	0,67
espacial dúctil resistente a flexión debe tener la capacidad para resistir de la fuerza lateral total requerida.	
Tanques elevados, mas todo el contenido, apoyados en cuatro o más pilares arriostrados en cruz y no soportados por un edificio. (1), (2), (3), (4).	2,5
Estructuras que no sean edificios.	2

Fuente: (CEC, 1979).

Coefficiente numérico (C): Se determina el coeficiente numérico con la siguiente ecuación:

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

Se considera el valor de C no deber ser mayor a 0.12.

3.2.5. PERIODO ELÁSTICO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN DE LA ESTRUCTURA.

Para determinar el periodo elástico de vibración de la estructura, con la siguiente ecuación:

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

En la ecuación 14 se observa los parámetros que son: la altura máxima de la estructura, y la dimensión de la estructura, en dirección paralela a las fuerzas aplicadas. (CEC, Código ecuatoriano de la construcción, 1979).

3.2.5. COEFICIENTE NUMÉRICO DE RESONANCIA ENTRE LA ESTRUCTURA Y EL SITIO (S).

Al calcular el coeficiente numérico de resonancia entre la estructura y el sitio, se necesita el periodo característico de sitio (T_s), el CEC-79 menciona que cuando no se lo conoce, el valor de S es igual a 1.5.

3.2.6. COEFICIENTE SÍSMICO

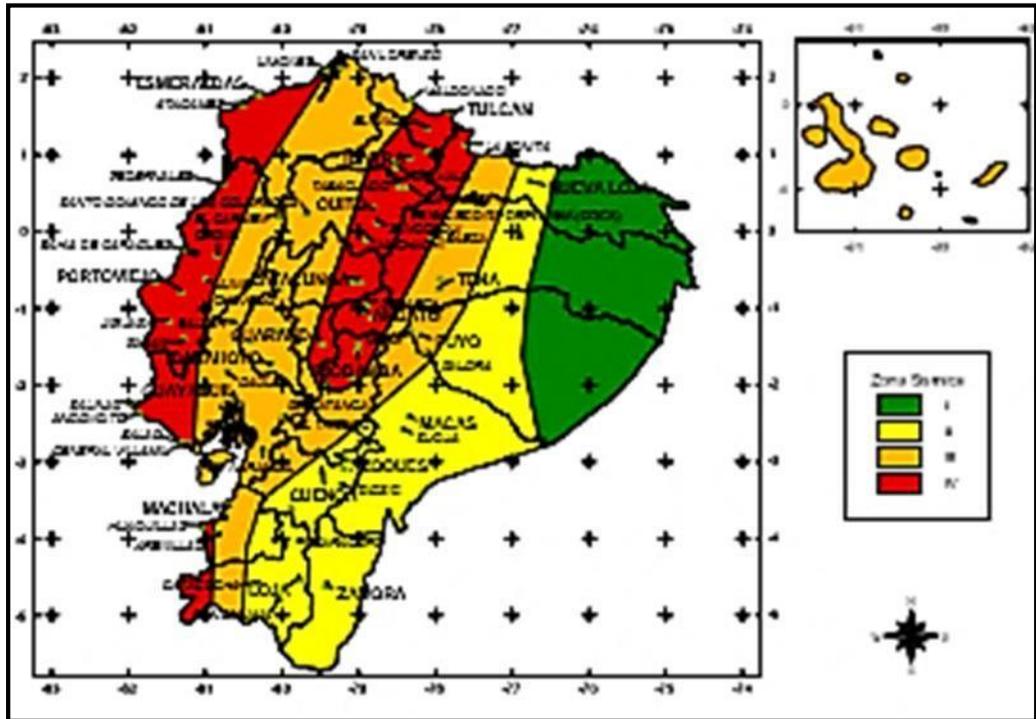
Para obtener el coeficiente sísmico es igual al producto del coeficiente numérico y Coeficiente numérico de resonancia entre la estructura y el sitio.

El código menciona que el coeficiente sísmico no de ser mayor o igual a 0.14.

3.2.7. CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN -2002 (CEC-02).

3.2.7.1. ZONAS SÍSMICAS Y FACTOR DE ZONA Z.

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



En la ilustración 37 se muestra las zonificaciones sísmicas del Ecuador y el factor de zona.
Fuente: CEC-02.

3.2.7.2. GEOLOGÍA LOCAL Y PERFILES DE SUELO. COEFICIENTE S Y CM.

El factor de suelo (S) tiene como definición una forma de simplificación, de acuerdo con la norma existen 4 tipos de suelo mostrados en la siguiente ilustración 38.

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

Ilustración 10 Determinación de S y Cm. Ilustración 11 Zonas sísmica del Ecuador CEC-02.
Fuente: CEC-02.

3.2.7.3. PERIODO DE VIBRACIÓN

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

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

Ec.16

Donde:

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

3.2.7.4. ESPECTRO SÍSMICO ELÁSTICO DE DISEÑO.

De acuerdo con el código ecuatoriano de construcción del 2002 se determina el espectro que se muestra en la ilustración 39.

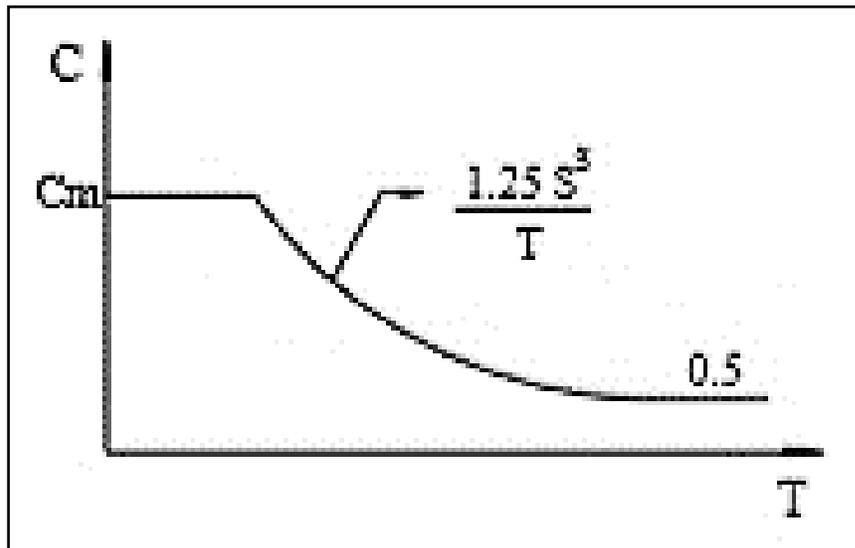


Ilustración 12 Espectro de diseño sísmico
Fuente: CEC-02

3.2.7.5. FACTOR DE IMPORTANCIA.

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

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

Ilustración 13 Factor de importancia
CEC-02 Fuente: CEC-02.

3.2.7.6. CORTANTE BASAL.

Para calcular la cortante basal de diseño de la estructura, se determina de la siguiente ecuación 15.

$$C_s = \frac{Z * I * C}{R * \Phi P * \Phi E} \quad \text{Ec.18}$$

$$C = 1.25 * \frac{S^S}{T} \quad \text{Ec.17}$$

$$V = C_s * W \quad \text{Ec.19}$$

Donde:

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

R = Factor de reducción de respuesta estructural

ΦP, ΦE = Coeficientes de configuración estructural en planta y en elevación, respectivamente.

3.2.5.1. COEFICIENTE DE CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACIÓN CEC-02

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

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

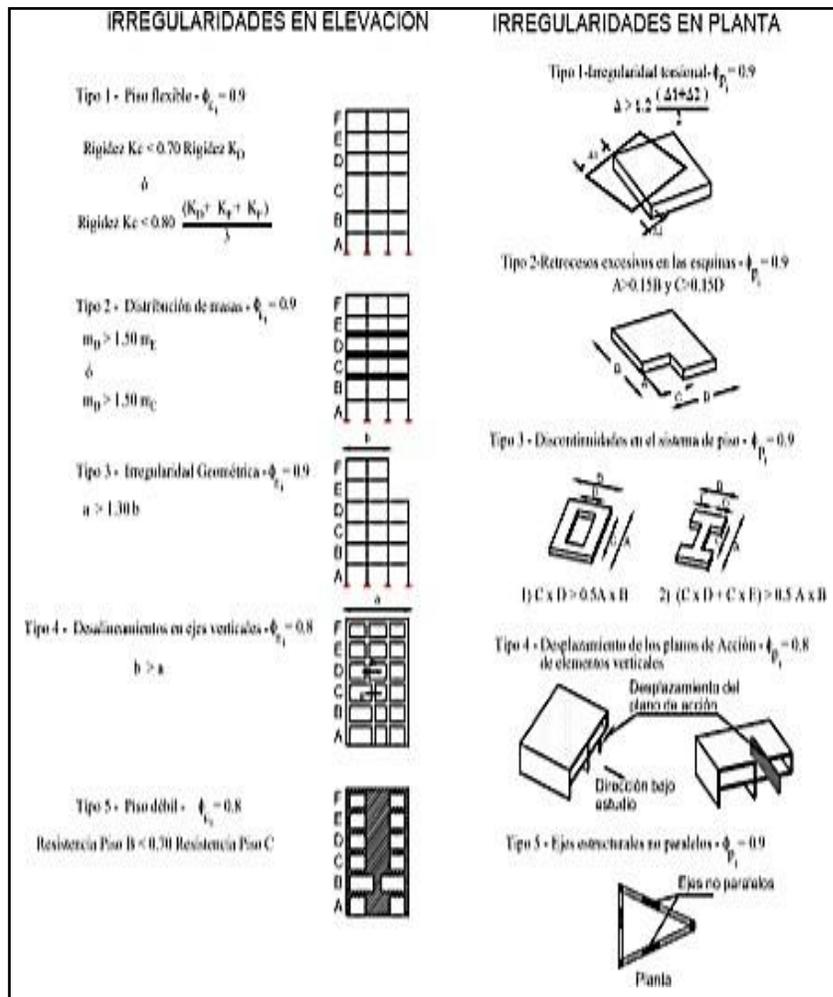


Ilustración 14 Coeficiente de configuración estructural en planta y elevación
Fuente: CEC-02.

3.2.5.2. FACTOR DE REDUCCIÓN SÍSMICO “R”

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

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

Ilustración 15 Factor de Reducción CEC-02

Fuente: CEC-02

3.3. NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN 2011 (NEC-11)

3.3.1. DETERMINACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN SÍSMICA Y FACTOR Z.

De acuerdo con la NEC-11, se debe determinar el valor z dependiendo de la ubicación de la estructura, tanto que el valor z corresponde a la aceleración máxima en roca, para poder realizar el diseño sismo, se conoce que dicho valor está expresado como fracción de la aceleración de la gravedad. En la ilustración 43 se muestra los seis tipos de zonas sísmicas que tiene el Ecuador. Las zonas

sísmicas son:

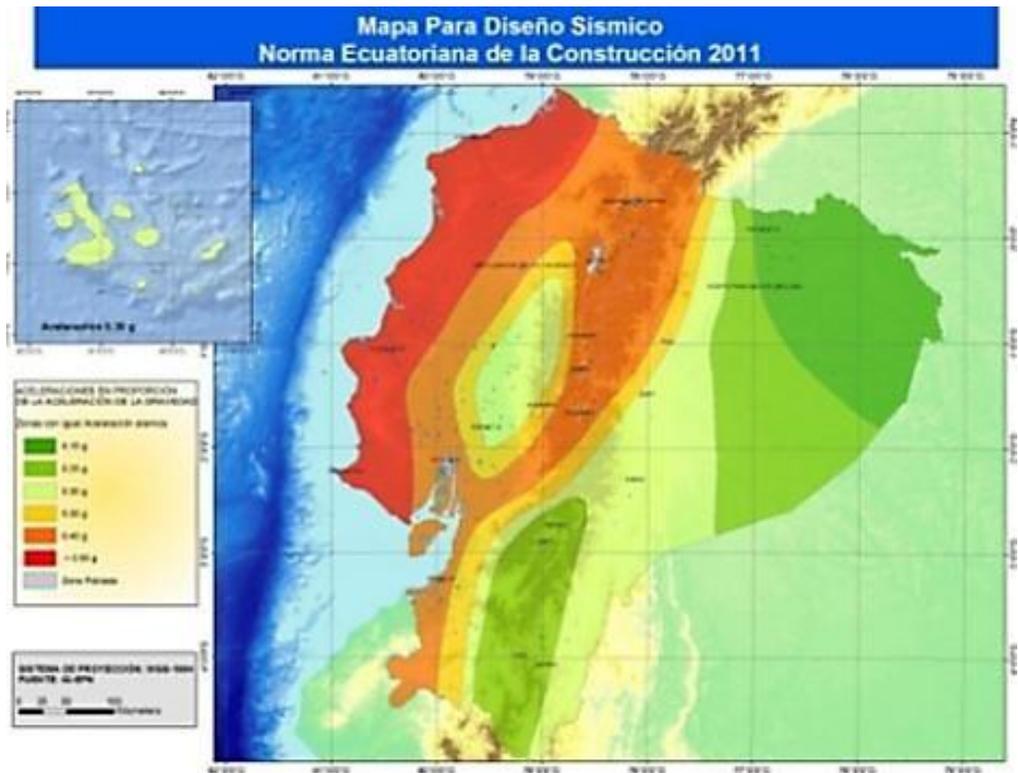


Ilustración 16 Mapa de zonas sísmicas del Ecuador y valor z.

Fuente: NEC-11

3.3.2. TIPOS DE PERFILES DE SUELOS PARA EL DISEÑO SÍSMICO.

La norma ecuatoriana de la construcción del 2011 dar a conocer que existen 6 tipos de perfiles de suelo que se clasifican en A, B, C, D, E y F. De acuerdo con norma establece que se debe realizar ensayos por lo menos 30 m profundidad para los suelos tipo A, B, C, D y E, mientras que para el suelo tipo F se debe aplicar otros azonamientos. (NEC, 2011, p. 29).

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
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H >3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H >7.5 m con índice de Plasticidad IP >75)	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H >30m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia o ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.		

Ilustración 17 Clasificación de los perfiles de suelo.

Fuente: NEC-11

3.3.3. COEFICIENTES DE PERFIL DE SUELO FA, FD Y FS.

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

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

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

Ilustración 18 Factor de sitio Fa NEC -11

Fuente: NEC-11

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

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

Ilustración 19 Factor de desplazamiento para diseño en roca Nec-11

Fuente: NEC-11

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

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

Ilustración 20 Factor de comportamiento no lineal de los suelos. NEC-11
Fuente: NEC-11.

3.3.4. ESPECTRO DE DISEÑO ELÁSTICO DE ACCELERACIONES SEGÚN LA NEC- 11.

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

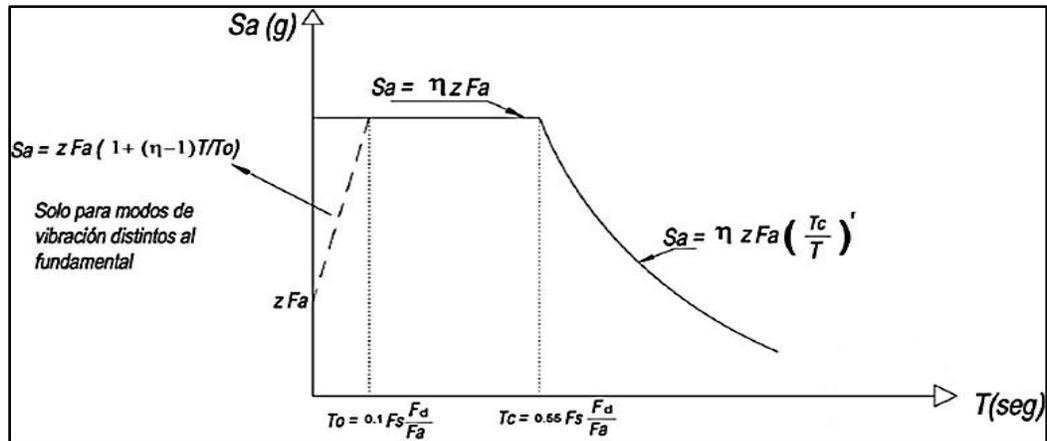


Ilustración 21 Espectro de diseño elástico NEC-11
Fuente: NEC-11

Tabla 7: Parámetros de cálculo de espectro de diseño elástico sísmico

PARÁMETROS	SIGNIFICADO
η	<p>Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.</p> <p>Se basan de acuerdo con la región del Ecuador donde esta ubica la estructura:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $\eta = 1.80$: Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas), • $\eta = 2.48$: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos • $\eta = 2.60$: Provincias del Oriente
F_a	<p>Coficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio</p>

Fd	Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
Fs	Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos
Sa	Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del período o modo de vibración de la estructura
T	Período fundamental de vibración de la estructura
To	Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
Tc	Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
Z	Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g
r	Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto. r = 1 para tipo de suelo A, B o C r = 1.5 para tipo de suelo D o E

Fuente: (NEC, 2011)

Para el cálculo del espectro de diseño sísmico de aceleración se va a utilizar las mismas ecuaciones 1, 2, 3,4, 5 y 6 de la NEC-2015, NEC-SE-DS y se usa el mismo formato para su construcción espectral.

3.3.5. CORTANTE BASAL

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

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

$$V = (C_S * W) \quad \text{Ec. 21}$$

Tabla 8: Parámetros para el cálculo de la cortante basal de diseño

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

Fuente:. (NEC, 2011).

3.3.6. COEFICIENTES DE CONFIGURACIÓN EN PLANTA Y ELEVACIÓN.

Los coeficientes de configuración en planta y elevación dependen del tipo de estructura que se requiere diseñar, por la tanto la NEC-11 determina el valor correspondiente a cada una de las características de la estructura. En las siguientes ilustraciones 22, 23,24 y 25 se muestra los respectivos valores de coeficientes en planta y elevación.

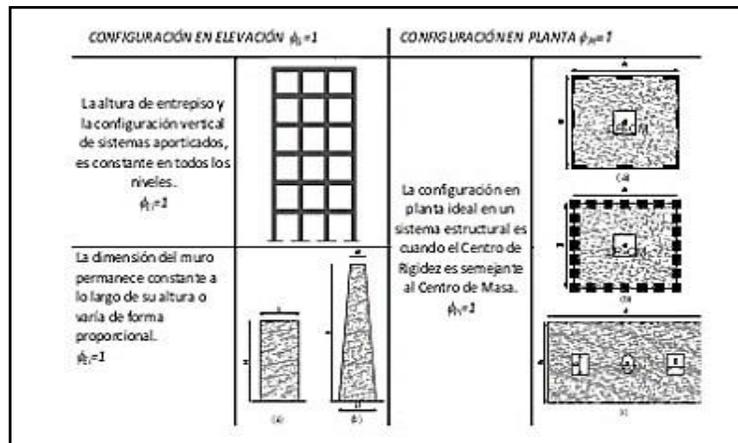


Ilustración 22 Coeficientes de configuración recomendados igual a 1 en planta y elevación.
Fuente: NEC-11

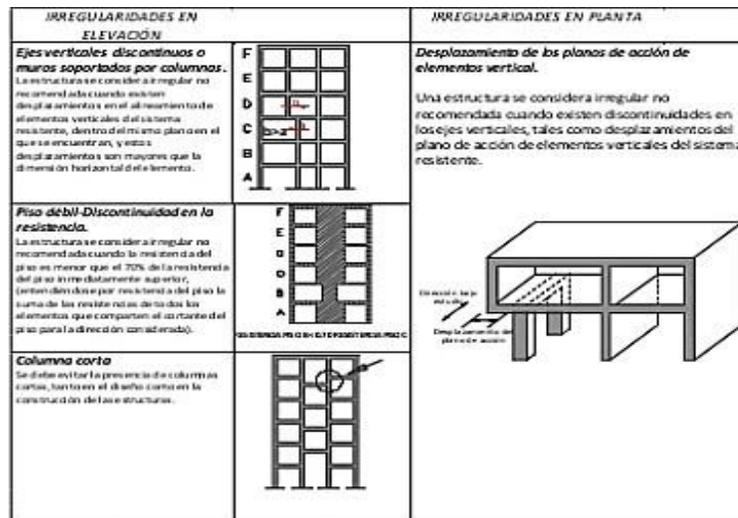


Ilustración 23 Coeficientes de configuración igual a 0.9 en planta y elevación.
Fuente: NEC-11.

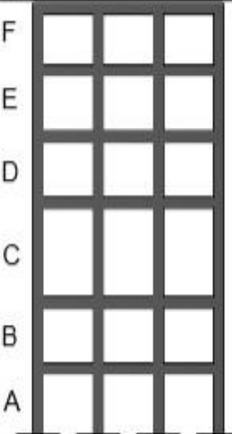
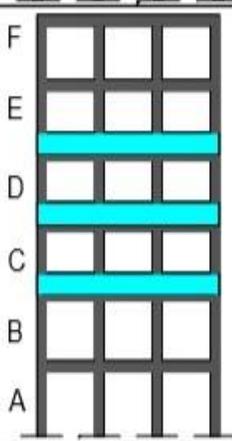
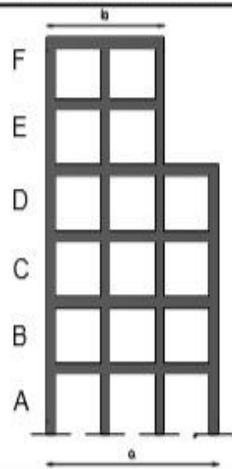
IRREGULARIDAD PENALIZADA EN ELEVACIÓN	
<p>Tipo 1 - Piso flexible $\varphi_{Ei}=0.9$ Rigidez $K_c < 0.70$ Rigidez K_D Rigidez $< 0.80 \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior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

Ilustración 24 Coeficientes de irregularidad en planta.

Fuente: NEC-11.

IRREGULARIDAD PENALIZADA EN PLANTA	
<p>Tipo 1 - Irregularidad torsional $\phi_{pt}=0.9$ $\Delta > 1.2 \frac{(\Delta_1 + \Delta_2)}{2}$</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 $\phi_{pt}=0.9$ $A > 0.15B$ 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 $\phi_{pt}=0.9$ a) $CxD > 0.5Ax B$ b) $[CxD + CxE] > 0.5Ax B$</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 $\phi_{pt}=0.9$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Ilustración 25 Coeficientes de irregularidad en elevación.

Fuente: NEC-11.

3.3.7. COEFICIENTE DE IMPORTANCIA

La NEC-11 comenta que el propósito del coeficiente de Importancia (I) es:” incrementar la demanda sísmica de diseño para estructuras, que por sus características de utilización o de importancia deben permanecer operativas o

sufrir menores daños durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño” (NEC, 2011, p. 41).

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

Ilustración 26 Coeficiente de Importancia.

Fuente: NEC-11.

3.3.8. FACTOR DE REDUCCIÓN DE LA RESPUESTA SÍSMICA.

Se definen dos tipos de sistemas estructurales, los:

- Sistemas estructurales dúctiles.
- Sistemas estructurales de ductilidad limitada.

En la ilustraciones 27 se determinan los factores de reducción correspondiente al sistema estructural del edificio.

Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras, sean de hormigón o acero laminado en caliente.	7
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
Pórticos de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	7
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	7
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	6
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	6
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	6
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	6
Otros sistemas estructurales para edificaciones:	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5
Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada	
Pórticos resistentes a momento	
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HA , limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 4 metros.	3
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	3

Ilustración 27 Factor de reducción de la respuesta.

Fuente: NEC-11

3.3.9. CARGA SÍSMICA REACTIVA

La norma indica que la carga sísmica (W) debe ser igual a la carga muerta total que tiene las estructuras más el 25% de la carga viva del piso.

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

3.3.10. PERIODO DE VIBRACIÓN.

Para calcular el periodo de vibración se utiliza la Ec. 7, donde los coeficientes C_t y α cambian de acuerdo con el tipo de estructura. En la ilustración 28 se muestra los valores de cada uno de los coeficientes de acuerdo con el tipo de estructura.

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

Ilustración 28 Coeficientes para calcular el periodo de vibración.

Fuente: NEC-11

3.3.11. ESPECTRO DE DISEÑO INELÁSTICO.

Para obtener el espectro de diseño inelástico se determina con la siguiente ecuación 20:

$$S_a(\text{inelástico}) = \left(\frac{S_a(\text{elástico})}{\text{Factor de Reducción}} \right) \quad \text{Ec.22}$$

3.3.12. FACTOR DE REDUCCIÓN SÍSMICO EFECTIVO (REFECTIVO)

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

Para obtener el factor de reducción efectivo se lo determina con la siguiente ecuación:

$$R_{efectivo} = \left(\frac{Sa_{respuesta\ elástico\ del\ periodo\ de\ vibración\ de\ la\ estructura}}{Cs\ de\ diseño} \right) \text{ Ec.23}$$

3.4. EDIFICIOS DEMOLIDOS PARCIALMENTE

Tabla n° 9: Listado de edificios demolidos parcialmente

EDIFICIOS	PISOS DEMOLIDOS
EDIFICIO VENUS LOOR	2 PISOS
EDIFICIO LÍDER VERA	1 PISO Y MEDIO
EDIFICIO JULIO WILLIANS	1 PISO Y PAREDES
EDIFICIO WILLIANS CENTER	2 PISOS
GAD DE PEDERNALES	DEMOLICIÓN TOTAL
YAM YAM	2 PISOS
JUANA WACHO	1 LOZA

Fuente: GAD de Pedernales

CAPÍTULO IV

4. MEMORIA DE CÁLCULOS

La aceleración pico en campo libre registrada por un acelerógrafo de la Red Nacional del Ecuador (RENAC) en Pedernales, a corta distancia del epicentro, fue 1,034 g. El suelo tipo D del centro de Pedernales y dicha amplificación está considerada en el factor $F_a = 1,12$.

El valor de PGA o $F_a Z$ registrado en Pedernales durante el terremoto del 16 de abril de 2016 fue igual a 1,034 g.

$$F_a \cdot z = 1.034g$$

$$z = \frac{1.034}{1.12} = 0.923g$$

4.1. CÁLCULOS DE LOS EDIFICIOS

4.1.1. TIPO DE SUELO

Tabla 10: Tipo de Suelo

#	EDIFICIO	TIPO DE SUELO
1	VENUS LOOR	D
2	LÍDER VERA	D
3	JULIO WILLIANS	D
4	WILLIANS CENTER	D
5	GAD PEDERNALES	D
6	YAM YAM	D
7	JUANA WACHO	D
8	LAST MAR	D
9	UPC	D
10	FRENTE UPC	D
11	MIRANDA BANCHÓN	D

Elaborado por: Elbert, (2018).

4.1.2. ESPECTRO DE RESPUESTA ELÁSTICO DE ACELERACIÓN SUELO TIPO D PARA EL SISMO 16 DE ABRIL DEL 2016 EN PEDERNALES.

Según las NEC-2015, NEC-SE-DS para Pedernales (Zona Sísmica VI), con suelo tipo D, los parámetros que definen dicho espectro son:

$$Z = 0.923g \quad F_a = 1,12 \quad F_d = 1,11 \quad F_s = 1,40 \quad \eta = 1,80 \quad r = 1,00$$

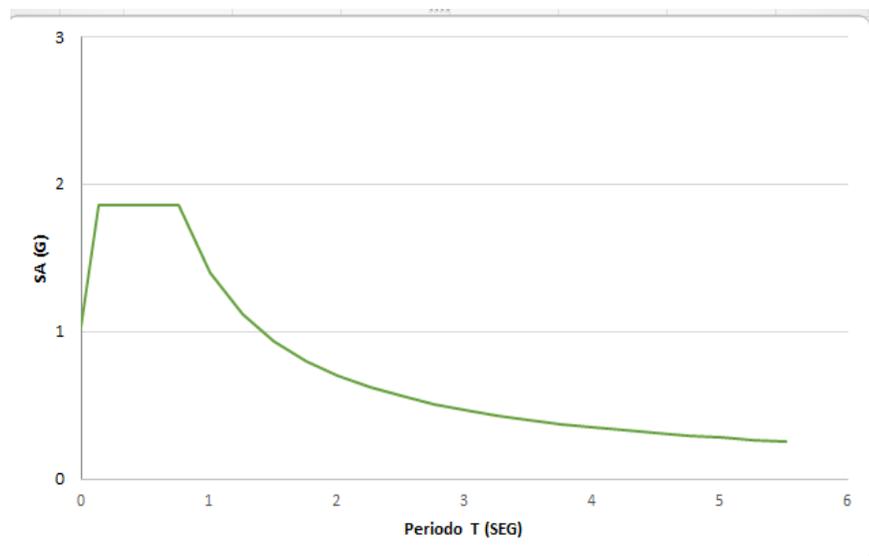
Con estos parámetros, el rango de períodos de edificios con mayor amplificación dinámica estructural en suelo tipo D en Pedernales está entre los siguientes valores:

$$T_o = 0,10 \times 1,40 \times 1,11 / 1,12 = 0,14 \text{ seg} \quad T_c = 0,55 \times 1,40 \times 1,11 / 1,12 = 0,76 \text{ seg}$$

La aceleración espectral máxima (S_a) para una estructura con comportamiento elástico es igual a:

$$S_a = 1,80 \times 0,923 \times 1,12 = 1,86 \text{ g}$$

T	Suelo (D)
0	1,03
0,14	1,86
0,76	1,86
1,01	1,40
1,26	1,12
1,51	0,94
1,76	0,81
2,01	0,71
2,26	0,63
2,51	0,57
2,76	0,51
3,01	0,47
3,26	0,44
3,51	0,40
3,76	0,38
4,01	0,35
4,26	0,33
4,51	0,31
4,76	0,30
5,01	0,28
5,26	0,27
5,51	0,26



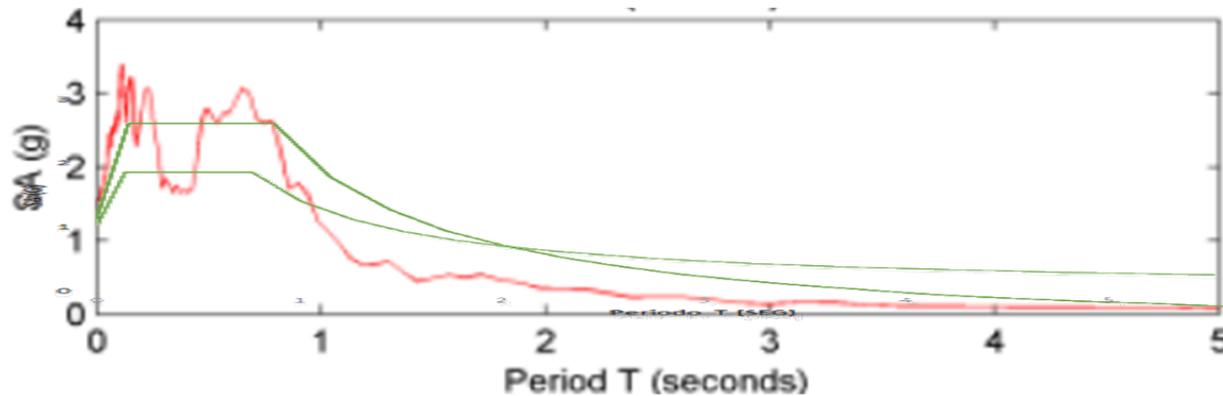
Cálculo de espectro de respuesta.

Espectro de Respuesta elástico de aceleración suelo tipo D para el sismo 16 de abril del 2016 en Pedernales.

4.2. ESPECTRO DE RESPUESTA DE ACELEROGRAMAS EN ESTACIONES CERCANAS A PEDERNALES

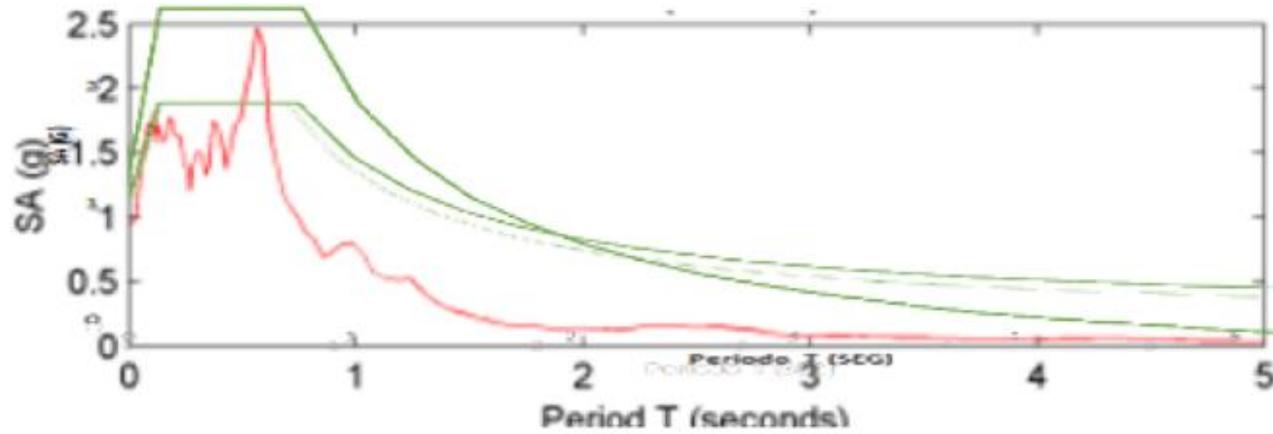
ESTACIÓN APED

DIRECCIÓN: E-W



Se puede mostrar que el espectro de respuesta de diseño con una aceleración espectral máxima $S_a=2.54g$ su aceleración pico coincide con el espectro de respuesta del acelerograma de pedernales. El espectro de respuesta de diseño con una aceleración máxima $S_a=1.86g$ su aceleración pico está por debajo del espectro de respuesta del acelerograma de pedernales.

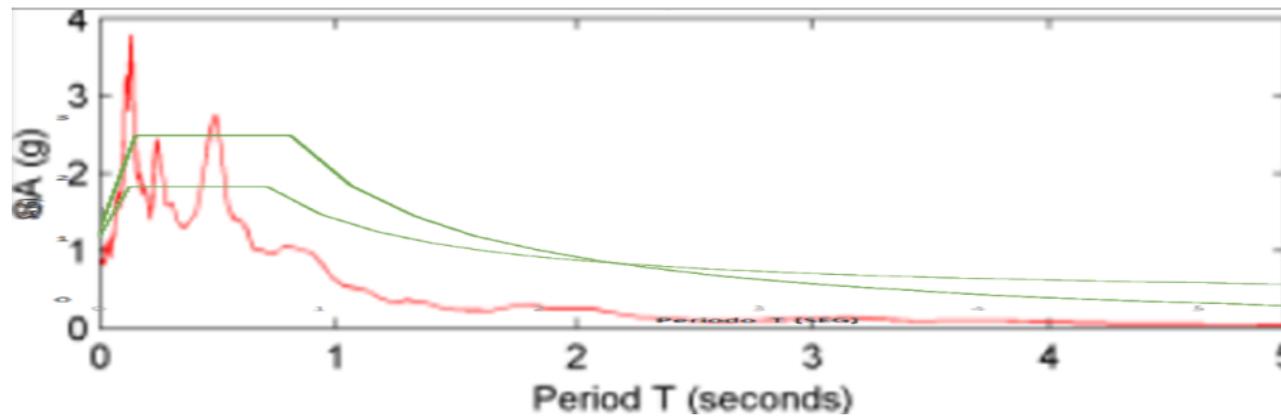
DIRECCIÓN: N-S



Se puede mostrar que el espectro de respuesta de diseño con una aceleración espectral máxima $S_a=2.54g$ su aceleración pico está por encima del espectro de respuesta del acelerograma de pedernales. El espectro de respuesta de diseño con una aceleración máxima $S_a=1.86g$ su aceleración pico coinciden del espectro de respuesta del acelerograma de pedernales.

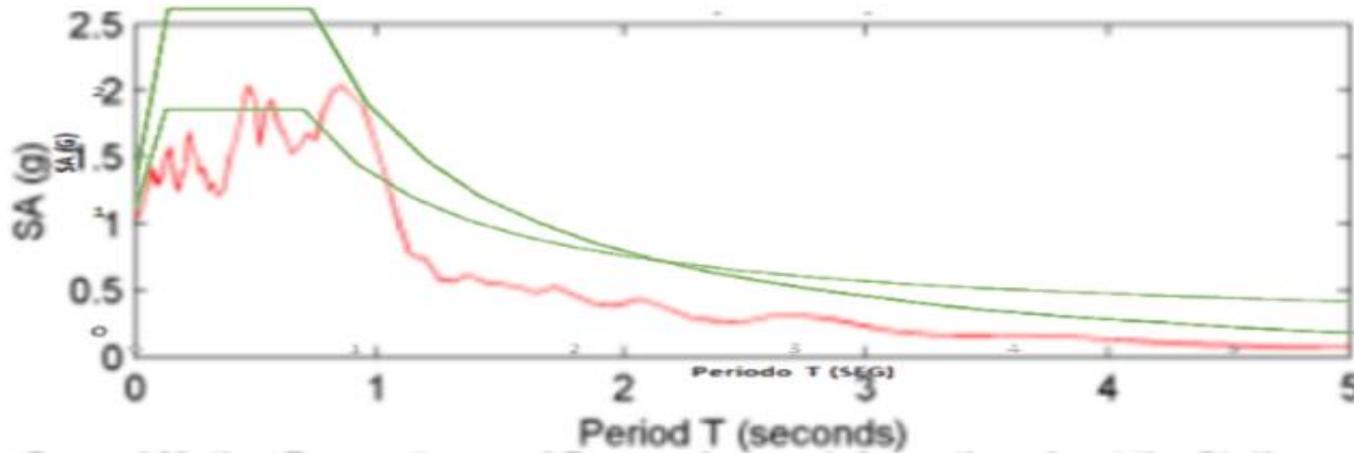
ESTACIÓN PDNS

DIRECCIÓN: E-W



Se puede mostrar que el espectro de respuesta de diseño con una aceleración espectral máxima $S_a=2.54g$ su aceleración pico está por debajo del espectro de respuesta del acelerograma de pedernales. El espectro de respuesta de diseño con una aceleración máxima $S_a=1.86g$ su aceleración pico está por debajo del espectro de respuesta del acelerograma de pedernales.

DIRECCIÓN: N-S



Se puede mostrar que el espectro de respuesta de diseño con una aceleración espectral máxima $S_a=2.54g$ su aceleración pico está por encima del espectro de respuesta del acelerograma de pedernales. El espectro de respuesta de diseño con una aceleración máxima $S_a=1.86g$ su aceleración pico coinciden del espectro de respuesta del acelerograma de pedernales.

4.3. CÁLCULO DEL PERIODO DE VIBRACIÓN DE LOS EDIFICIOS

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

C_t= coeficiente que depende del tipo de edificio

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

T= Periodo de vibración

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

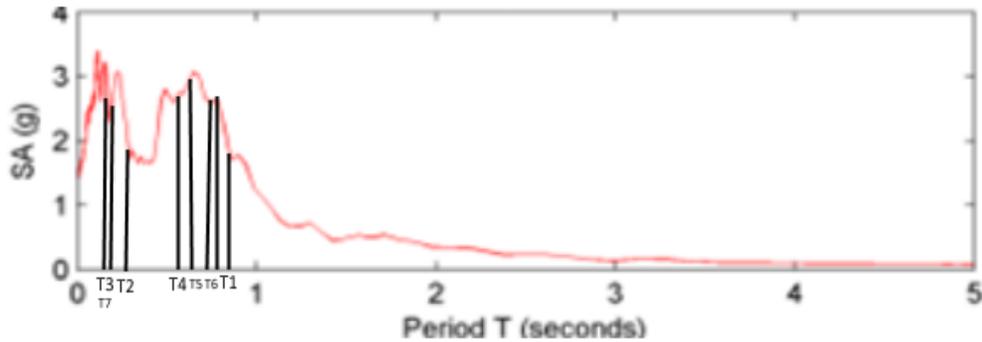
Tabla: Muestra el tipo de estructura que se está utilizando, en nuestro estudio son pórticos espaciales de hormigón armado sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras. Los periodos están en segundos y las alturas h_n están en metros.

Tabla n°11: Cálculo de vibración de los edificios

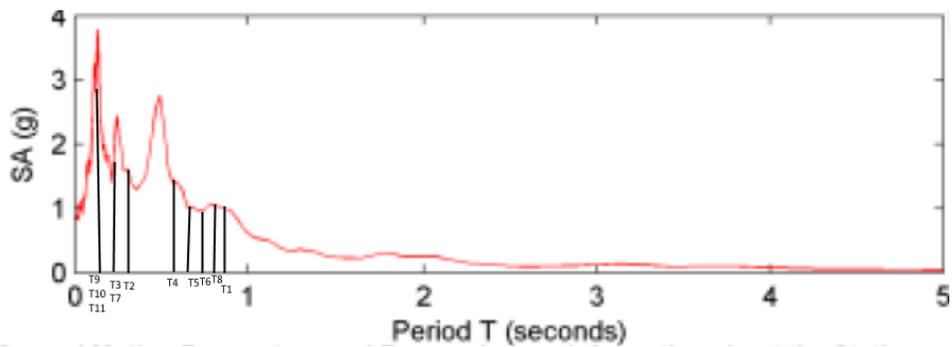
#	EDIFICIO	PISOS ALTOS	CT	α	ALTURA (h _n)	T
1	VENUS LOOR	7	0,055	0,9	22,7	0,91
2	LIDER VERA	4	0,055	0,9	11,1	0,48
3	JULIO WILLIANS	3	0,055	0,9	8,44	0,38
4	WILLIANS CENTER	5	0,055	0,9	14,5	0,61
5	GAD PEDERNALES	4	0,055	0,9	15,42	0,65
6	YAM YAM	6	0,055	0,9	17,8	0,73
7	JUANA WACHO	4	0,055	0,9	8,45	0,38
8	LAST MAR	7	0,055	0,9	19,6	0,80
9	UPC	3	0,055	0,9	8,4	0,37
10	FRENTE UPC	3	0,055	0,9	8,4	0,37
11	MIRANDA BANCHÓN	3	0,055	0,9	8,4	0,37

Fuente: Elbert, (2018).

Estación APED



Se puede mostrar los respectivos periodos de cada edificio calculados para encontrar su aceleración S_a (g) en la dirección del E-W.



Se puede mostrar los respectivos periodos de cada edificio calculados para encontrar su aceleración S_a (g) en la dirección del N-S.

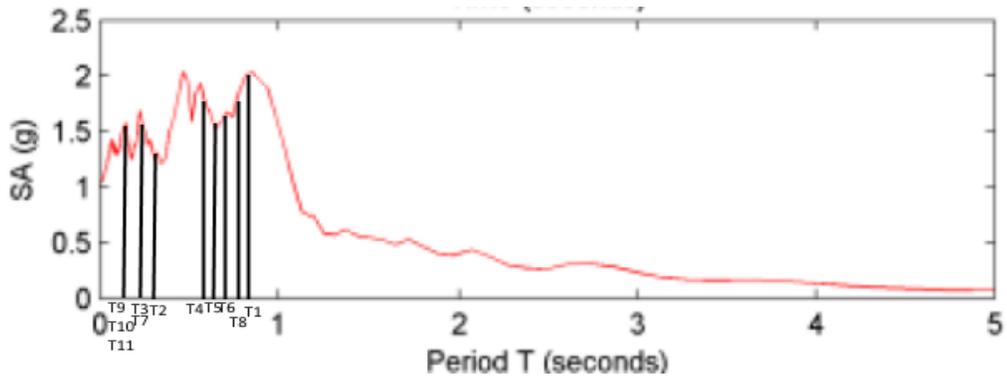
Tabla n° 12: Cálculo de vibración de los edificios

#	EDIFICIO	LONGITUD	LATITUD	T	SA(G) Medidos	
					NS	EO
1	VENUS LOOR	-80,057	0,070411	0,91	1	1,7
2	LÍDER VERA	-80,057	0,070353	0,48	1,56	1,8
3	JULIO WILLIANS	-80,057	0,070316	0,38	1,58	2,6
4	WILLIANS CENTER	-80,057	0,071612	0,61	1,48	2,63
5	GAD PEDERNALES	-80,057	0,07007	0,65	1,1	2,91
6	YAM YAM	-80,057	0,07678	0,73	0,9	2,62
7	JUANA WACHO	-80,057	0,070642	0,38	1,62	2,6
8	LAST MAR	-80,057	0,069359	0,80	1,2	2,7

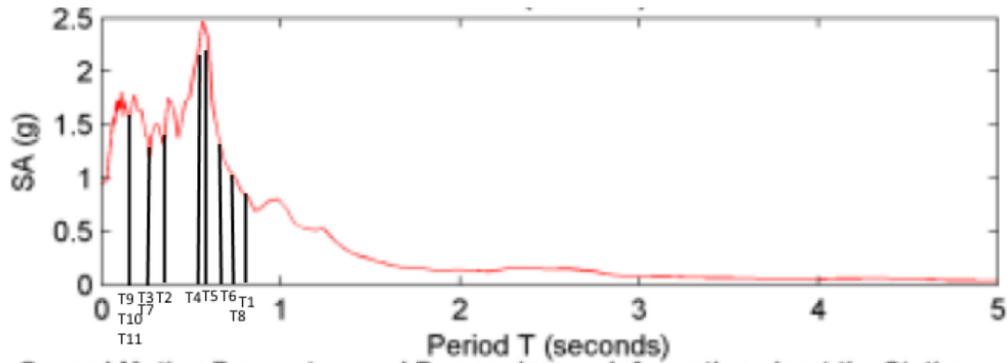
9	UPC	-80,057	0,07539308	0,37	2,91	2,71
1 0	FRENTE UPC	-80,057	0,07514211	0,37	2,91	2,71
1 1	MIRANDA BANCHÓN	-80,057	0,07695459	0,37	2,91	2,71

Fuente: Elbert, (2018).

ESTACIÓN PDNS



Se puede mostrar los respectivos periodos de cada edificio calculados para encontrar su aceleración S_a (g) en la dirección del E-W



Se puede mostrar los respectivos periodos de cada edificio calculados para encontrar su aceleración S_a (g) en la dirección del N-S.

Tabla n° 13: Cálculo de vibración de los edificios

#	EDIFICIO	LONGITUD	LATITUD	T	SA(G) Medidos	
					NS	EO
1	VENUS LOOR	-79,991	0,070411	0,91	0,7	1,91
2	LÍDER VERA	-79,991	0,070353	0,48	1,48	1,45
3	JULIO WILLIANS	-79,991	0,070316	0,38	1,3	1,51
4	WILLIANS CENTER	-79,991	0,071612	0,61	2,1	1,6
5	GAD PEDERNALES	-79,991	0,07007	0,65	2,11	1,52
6	YAM YAM	-79,991	0,07678	0,73	1,29	1,55
7	JUANA WACHO	-79,991	0,070642	0,38	1,3	1,51
8	LAST MAR	-79,991	0,069359	0,80	1	1,65
9	UPC	-79,991	0,07539308	0,37	1,51	1,49
10	FRENTE UPC	-79,991	0,07514211	0,37	1,51	1,49
11	MIRANDA BANCHÓN	-79,991	0,07695459	0,37	1,51	1,49

Fuente: Elbert, (2018).

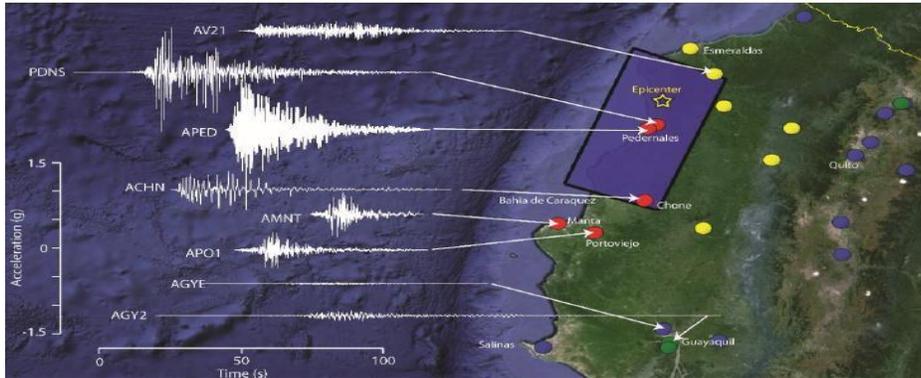
Durante el sismo que se registró en Pedernales el 16 de abril de 2016, con una magnitud de 7,8, por medio del registro de acelerógrafos de la Red Nacional del Ecuador (RENAC), se obtuvo información de dos estaciones que están cerca de Pedernales, que son APED y PDNS. Con sus diferentes elevaciones, longitud, latitud y PGA; se pudo obtener la distancia a las que se encuentra la estación de Pedernales. Teniendo como resultado que la estación PDNS es la más cercana a Pedernales.

Tabla n° 14: Cálculo

	LATITUD	LONGITUD	PROF.	PGA(g)	X (km)	D (km)
SISMO	0,371	-79,940	20,000			
Pedernales	0,072	-80,053	0,032		35,50	40,74
APED	0,068	-80,057	0,000	1,407	36,05	41,23
PDNS	0,111	-79,991	0,000	1,034	29,41	35,57

Fuente: Elbert, (2018).

Muestra las coordenadas geográficas ubicadas en E-W

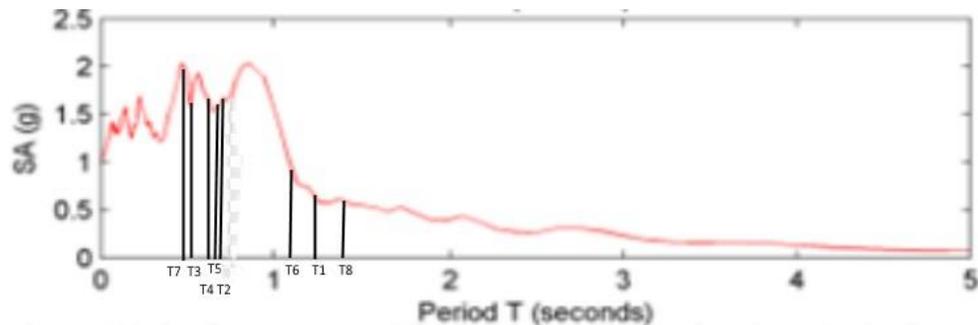


Series temporales de aceleración en el componente EW que recubre un mapa de Ecuador con el principal ciudades y estaciones de grabación.

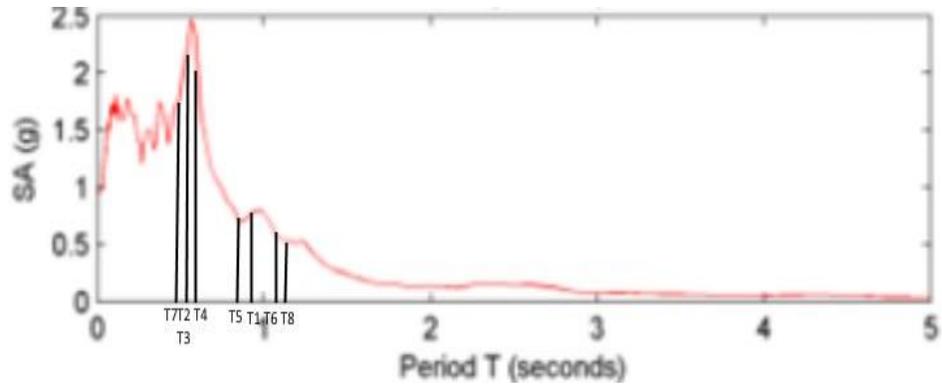
4.4. ANÁLISIS DE LOS EDIFICIOS

Para el análisis de estos edificios se han usado la Norma NEC-2015, NEC-SE-DS, el Código CEC-79, el Código CEC-2002 y la aceleración S_a (g), obtenida de los espectros de respuesta elástica de las acelerogramas obtenidos en las estaciones APED Y PDNS en las direcciones N-S y E-W durante el sismo del 16 de abril.

ESTACIÓN PDNS

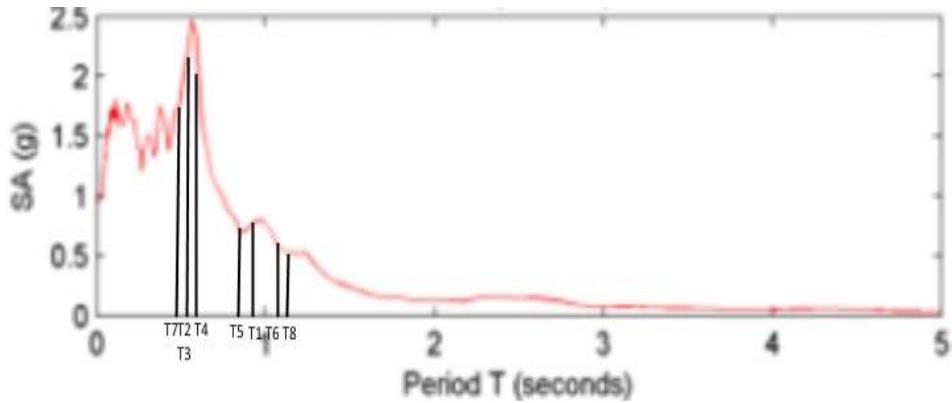


Se puede mostrar los respectivos periodos de cada edificio calculados para encontrar su aceleración S_a (g) en la dirección del EW.

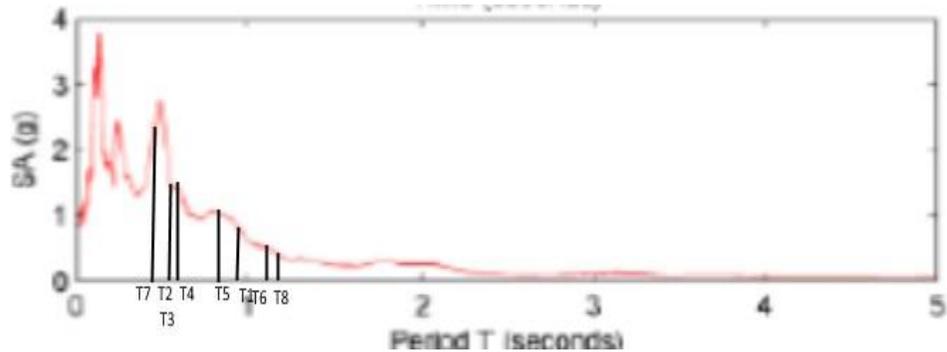


Se puede mostrar los respectivos periodos de cada edificio calculados para encontrar su aceleración S_a (g) en la dirección del N-S.

ESTACIÓN APED



Se puede mostrar los respectivos periodos de cada edificio calculados para encontrar su aceleración S_a (g) en la dirección del N-S.



Se puede mostrar los respectivos periodos de cada edificio calculados para encontrar su aceleración S_a (g) en la dirección del NS.

VENUS LOOR

ESTACIONES	T1 EDIFICIOS	SA
ESTACIÓN APED(E-W)	1,24	0,7
ESTACIÓN APED(N-S)	0,92	0,9
ESTACIÓN PDNS(E-W)	1,24	0,67
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,92	0,7

LIDER VERA

ESTACIONES	T2 EDIFICIOS	SA
ESTACIÓN APED(E-W)	0,62	2,80
ESTACIÓN APED(N-S)	0,52	1,50
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,62	1,53
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,52	2,20

JULIO WILLIANS

ESTACIONES	T3 EDIFICIOS	SA
ESTACIÓN APED(E-W)	0,53	2,60
ESTACIÓN APED(N-S)	0,52	1,50
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,53	1,54
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,52	2,20

WILLIANS CENTER

ESTACIONES	T4 EDIFICIOS	SA
ESTACIÓN APED(E-W)	0,6	2,70
ESTACIÓN APED(N-S)	0,56	1,50
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,6	1,53
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,56	2,00

GAD PEDERNALES

ESTACIONES	T5 EDIFICIOS	SA
ESTACIÓN APED(E-W)	0,74	2,70
ESTACIÓN APED(N-S)	0,82	1,20
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,74	1,53

ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,82	0,70
---------------------------	------	------

YAM YAM

ESTACIONES	T6 EDIFICIOS	SA
ESTACIÓN APED(E-W)	1,09	1,00
ESTACIÓN APED(N-S)	1,09	0,50
ESTACIÓN PDNS(E-W)	1,09	0,90
ESTACIÓN PDNS(N-S)	1,09	0,60

JUANA WACHO

ESTACIONES	T7 EDIFICIOS	SA
ESTACIÓN APED(E-W)	0,5	2,60
ESTACIÓN APED(N-S)	0,49	2,30
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,5	1,90
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,49	1,65

LAST MAR

ESTACIONES	T8 EDIFICIOS	SA
ESTACIÓN APED(E-W)	1,39	0,50
ESTACIÓN APED(N-S)	1,14	0,40
ESTACIÓN PDNS(E-W)	1,39	0,60
ESTACIÓN PDNS(N-S)	1,14	0,50

UPC

ESTACIONES	T9 EDIFICIOS	SA
ESTACIÓN APED(E-W)	0,37	2,71
ESTACIÓN APED(N-S)	0,37	2,91
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,37	1,49
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,37	1,51

FRENTE UPC

ESTACIONES	T10 EDIFICIOS	SA
ESTACIÓN APED(E-W)	0,37	2,71
ESTACIÓN APED(N-S)	0,37	2,91
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,37	1,49
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,37	1,51

MIRANDA BANCHÓN

ESTACIONES	T11 EDIFICIOS	SA
ESTACIÓN APED(E-W)	0,37	2,71
ESTACIÓN APED(N-S)	0,37	2,91
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,37	1,49
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,37	1,51

4.5. COEFICIENTE SÍSMICO DE ACUERDO A LA NORMA O CEC

Tabla n° 15: Coeficiente sísmico

#	EDIFICIO	PISOS ALTOS	ALTURA hn (m)	AÑO	CODIGO O NORMA DE DISEÑO	TIPO DE SUELO
1	VENUS LOOR	7	22,7	1998	CEC-79	D
2	LÍDER VERA	4	11,1	2007	CEC- 2002	D
3	JULIO WILLIANS	3	8,44	2010	CEC- 2002	D
4	WILLIANS CENTER	5	14,5	1998	CEC-79	D
5	GAD PEDERNALES	4	15,42	1998	CEC-79	D
6	YAM YAM	6	17,8	1998	CEC-79	D
7	JUANA WACHO	4	8,45	2005	CEC-2002	D
8	LAST MAR	7	19,6	2001	CEC-79	D
9	UPC	3	8,4	2005	CEC- 2002	D
10	FRENTE UPC	3	8,4	2005	CEC-2002	D
11	MIRANDA BANCHÓN	3	8,4	2010	CEC-2002	D

Fuente: Elbert, (2018).

4.5.1. VENUS LOOR

4.5.1.1. Código Ecuatoriano de la Construcción 1979- (cec-79) periodo de vibración

Se procede a calcular el periodo elástico fundamental de vibración de la estructura

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

$$T = \frac{0,09 \times 22,7}{\sqrt{18,27}}$$

$$T = 0,48 \text{ seg}$$

Conociendo el período elástico, se calcula el coeficiente numérico con la ecuación

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

$$C = \frac{1}{15\sqrt{0,48}}$$

$$C = 0,10$$

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

$$CS \leq 0,14 \therefore CS = 0,10 * 1,5 = 0,15$$

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

El coeficiente sísmico de diseño se lo obtiene del factor de importancia es 1 y

factor de fuerza horizontal K.

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

4.5.2. LIDER VERA

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

Periodo de vibración

Se escoge los coeficientes de S y Cm según las características del suelo. El tipo de perfil es de S3 y es suelo blando y estrato profundo

- S = 1.5
- Cm = 2.8

Luego, se procede a determinar el periodo de vibración de la estructura, se calcula de la siguiente manera

- Ct = 0,08 para pórticos espaciales de hormigón armado.
- Hn= 11,1 m

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

$$T = 0.08 * 11,1^{3/4} = 0,49 \text{ seg}$$

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

$$C = 1.25 * \frac{S^S}{T}$$

$$C = 1.25 * \frac{1.5^{1.5}}{0.49} = 4.69$$

0.49

Por lo tanto, $C = 2.8$

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

Para calcular el coeficiente sísmico, se lo hace de la siguiente manera:

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

$$C_s = \frac{0.4 * 1 * 2.8}{10 * 1 * 1} = 0.112$$

4.5.3. JULIO WILLIANS

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

Periodo de vibración

Se escoge los coeficientes de S y Cm según las características del suelo.

El tipo de perfil es de S3 y es suelo blando y estrato profundo

- S = 1.5
- Cm = 2.8

Luego, se procede a determinar el periodo de vibración de la estructura, se calcula de la siguiente manera:

- Ct = 0,08 para pórticos espaciales de hormigón armado.
- Hn= 8,44 m

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

$$T = 0.08 * 8,44^{3/4} = 0,40 \text{ seg}$$

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

Para calcular el coeficiente C se lo realiza con la Ec.19.

$$C = 1.25 * \frac{S^S}{T}$$

$$C = 1.25 * \frac{1,5^{1.5}}{0.40} = 5.7$$

Por lo tanto, $C = 2.8$

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

Para calcular el coeficiente sísmico, se lo hace de la siguiente manera:

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

$$C_s = \frac{0.4 * 1 * 2.8}{10 * 1 * 1} = 0.112$$

4.5.5. WILLIAMS CENTER

4.5.6. Código Ecuatoriano de la Construcción 1979- CEC-79)

Periodo de vibración

Se procede a calcular el periodo elástico fundamental de vibración de la estructura

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

$$T = \frac{0,09 \times 14,5}{\sqrt{14,18}}$$

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

Conociendo el período elástico, se calcula el coeficiente numérico con la ecuación

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

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

$$C = 0,11$$

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

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

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

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

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

4.5.5. GAD DE PEDERNALES

4.5.5.1. Código Ecuatoriano de la Construcción 1979- CEC-79)

Periodo de vibración

Se procede a calcular el periodo elástico fundamental de vibración de la estructura

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

$$T = \frac{0,09 \times 15,42}{\sqrt{17,33}}$$

$$T = 0,33 \text{ seg}$$

Conociendo el período elástico, se calcula el coeficiente numérico con la ecuación

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

$$C = \frac{1}{15\sqrt{0,33}}$$

$$C = 0,12$$

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

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

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

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

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

4.5.6. YAM YAM

4.5.6.1. Espectro de diseño según el año de construcción del edificio. Código Ecuatoriano de la Construcción 1979- (CEC-79)

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

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

$$T = \frac{0,09 \times 17,8}{\sqrt{15,14}}$$

$$T = 0,41 \text{ seg}$$

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

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

$$C = \frac{1}{15\sqrt{0,41}}$$

$$C = 0,10$$

El CEC-79 menciona que cuando no se lo conoce, el valor de S es igual a 1.5.

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

$$CS \leq 0,14 \therefore CS = 0,10 * 1,5 = 0,15$$

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

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

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

4.5.7. JUANA WACHO

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

Periodo de vibración

Se escoge los coeficientes de S y Cm según las características del suelo.

El tipo de perfil es de S3 y es suelo blando y estrato profundo

- $S = 1.5$
- $C_m = 2.8$

Luego, se procede a determinar el periodo de vibración de la estructura, se calcula de la siguiente manera:

- $C_t = 0,08$ para pórticos espaciales de hormigón armado.
- $H_n = 8,44$ m

$$T = C_t (h_n)^{3/4}$$

$$T = 0.08 * 8,44^{\frac{3}{4}} = 0,40 \text{ seg}$$

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

Para calcular el coeficiente C se lo realiza con la Ec.19.

$$C = 1.25 * \frac{S^S}{T}$$

$$C = 1.25 * \frac{1.5^{1.5}}{0.40} = 5.7$$

Por lo tanto, $C = 2.8$

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

Para calcular el coeficiente sísmico, se lo hace de la siguiente manera:

$$C_s = \frac{Z * I * C}{R * \phi_P * \phi_E}$$

$$C_s = \frac{0.4 * 1 * 2.8}{10 * 1 * 1} = 0.112$$

4.5.8. LAST MAR

4.5.8.1. Código Ecuatoriano de la Construcción 1979- (CEC-77)

Periodo de vibración

Se procede a calcular el periodo elástico fundamental de vibración de la estructura

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

$$T = \frac{0,09 \times 19,6}{\sqrt{14,70}}$$

$$T = 0,46 \text{ seg}$$

Conociendo el período elástico, se calcula el coeficiente numérico con la ecuación

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

$$C = \frac{1}{15\sqrt{0,46}}$$

$$C = 0,10 \text{ (O DEBE SER MAYOR A 0.12)}$$

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

$$CS \leq 0.14 \therefore CS = 0.10 * 1.5 = 0.15$$

Al calcular el coeficiente numérico de resonancia entre la estructura y el sitio, se necesita el periodo característico de sitio (Ts), el CEC-79 menciona que cuando no se lo conoce, el valor de S es igual a 1.5

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

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

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

4.5.9. UPC

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

Periodo de vibración

Se escoge los coeficientes de S y Cm según las características del suelo.

El tipo de perfil es de S3 y es suelo blando y estrato profundo

- S = 1.5
- Cm = 2.8

Luego, se procede a determinar el periodo de vibración de la estructura, se calcula de la siguiente manera

- Ct = 0,08 para pórticos espaciales de hormigón armado.
- Hn= 8,44 m

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

$$T = 0.08 * 8,44^{\frac{3}{4}} = 0,40 \text{ seg}$$

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

Para calcular el coeficiente C se lo realiza con la Ec.19.

$$C = 1.25 * \frac{S^S}{T}$$

$$C = 1.25 * \frac{1.5^{1.5}}{0.40} = 5.7$$

Por lo tanto, $C = 2.8$

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

Para calcular el coeficiente sísmico, se lo hace de la siguiente manera:

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

$$C_s = \frac{0.4 * 1 * 2.8}{10 * 1 * 1} = 0.112$$

4.5.10. FRENTE UPC

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

Periodo de vibración

Se escoge los coeficientes de S y Cm según las características del suelo.

El tipo de perfil es de S3 y es suelo blando y estrato profundo

- S = 1.5
- Cm = 2.8

Luego, se procede a determinar el periodo de vibración de la estructura, se calcula de la siguiente manera:

- Ct = 0,08 para pórticos espaciales de hormigón armado.
- Hn= 8,44 m

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

$$T = 0.08 * 8,44^{3/4} = 0,40 \text{ seg}$$

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

Para calcular el coeficiente C se lo realiza con la Ec.19.

$$C = 1.25 * \frac{S^s}{T}$$

$$C = 1.25 * \frac{1,5^{1.5}}{0.40} = 5.7$$

Por lo tanto, $C = 2.8$

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

Para calcular el coeficiente sísmico, se lo hace de la siguiente manera:

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

$$C_s = \frac{0.4 * 1 * 2.8}{10 * 1 * 1} = 0.112$$

4.5.11. MIRANDA BANCHÓN

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

Periodo de vibración

Se escoge los coeficientes de S y Cm según las características del suelo.

El tipo de perfil es de S3 y es suelo blando y estrato profundo

$$\text{— } S = 1.5$$

$$\text{— } C_m = 2.8$$

Luego, se procede a determinar el periodo de vibración de la estructura, se calcula de la siguiente manera:

$$\text{— } C_t = 0,08 \text{ para pórticos espaciales de hormigón armado.}$$

$$\text{— } H_n = 8,44 \text{ m}$$

$$T = C_t (h_n)^{3/4}$$

$$T = 0.08 * 8,44^{3/4} = 0,40 \text{ seg}$$

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

Para calcular el coeficiente C se lo realiza con la Ec.19.

$$C = 1.25 * \frac{S^S}{T}$$

$$C = 1.25 * \frac{1,5^{1,5}}{0,40} = 5,7$$

$$\text{Por lo tanto, } C = 2.8$$

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

Para calcular el coeficiente sísmico, se lo hace de la siguiente manera:

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

$$C_s = \frac{0.4 * 1 * 2.8}{10 * 1 * 1} = 0.112$$

4.6. FACTOR DE REDUCCIÓN EFECTIVO

$$Refectivo = \frac{S_a (Terremoto)}{C_s \text{ de diseño}}$$

VENUS LOOR

ESTACIONES	T1 EDIFICIOS	SA	Cs	Req
ESTACIÓN APED(E-W)	1,24	0,7	0,14	5,0
ESTACIÓN APED(N-S)	0,92	0,9	0,14	6,4
ESTACIÓN PDNS(E-W)	1,24	0,67	0,14	4,8
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,92	0,7	0,14	5,0

LIDER VERA

ESTACIONES	T2 EDIFICIOS	SA	Cs	Req
ESTACIÓN APED(E-W)	0,62	2,80	0,112	25,0
ESTACIÓN APED(N-S)	0,52	1,50	0,112	13,4
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,62	1,53	0,112	13,7
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,52	2,20	0,112	19,6

JULIO WILLIANS

ESTACIONES	T3 EDIFICIOS	SA	Cs	Req
ESTACIÓN APED(E-W)	0,53	2,60	0,112	23,2
ESTACIÓN APED(N-S)	0,52	1,50	0,112	13,4
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,53	1,54	0,112	13,8
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,52	2,20	0,112	19,6

WILLIANS CENTER

ESTACIONES	T4 EDIFICIOS	SA	Cs	Req
ESTACIÓN APED(E-W)	0,6	2,70	0,14	19,3

ESTACIÓN APED(N-S)	0,56	1,50	0,14	10,7
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,6	1,53	0,14	10,9
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,56	2,00	0,14	14,3

GAD PEDERNALES

ESTACIONES	T5 EDIFICIOS	SA	Cs	Req
ESTACIÓN APED(E-W)	0,74	2,70	0,14	19,3
ESTACIÓN APED(N-S)	0,82	1,20	0,14	8,6
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,74	1,53	0,14	10,9
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,82	0,70	0,14	5,0

YAM YAM

ESTACIONES	T6 EDIFICIOS	SA	Cs	Req
ESTACIÓN APED(E-W)	1,09	1,00	0,14	7,1
ESTACIÓN APED(N-S)	1,09	0,50	0,14	3,6
ESTACIÓN PDNS(E-W)	1,09	0,90	0,14	6,4
ESTACIÓN PDNS(N-S)	1,09	0,60	0,14	4,3

JUANA WACHO

ESTACIONES	T7 EDIFICIOS	SA	Cs	Req
ESTACIÓN APED(E-W)	0,5	2,60	0,112	23,2
ESTACIÓN APED(N-S)	0,49	2,30	0,112	20,5
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,5	1,90	0,112	17,0
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,49	1,65	0,112	14,7

LAST MAR

ESTACIONES	T8 EDIFICIOS	SA	Cs	Req
ESTACIÓN APED(E-W)	1,39	0,50	0,14	3,6
ESTACIÓN APED(N-S)	1,14	0,40	0,14	2,9
ESTACIÓN PDNS(E-W)	1,39	0,60	0,14	4,3
ESTACIÓN PDNS(N-S)	1,14	0,50	0,14	3,6

UPC

ESTACIONES	T9 EDIFICIOS	SA	Cs	Req
ESTACIÓN APED(E-W)	0,37	2,71	0,112	24,2
ESTACIÓN APED(N-S)	0,37	2,91	0,112	26,0
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,37	1,49	0,112	13,3
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,37	1,51	0,112	13,5

FRENTE UPC

ESTACIONES	T10 EDIFICIOS	SA	Cs	Req
ESTACIÓN APED(E-W)	0,37	2,71	0,112	24,2
ESTACIÓN APED(N-S)	0,37	2,91	0,112	26,0
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,37	1,49	0,112	13,3
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,37	1,51	0,112	13,5

MIRANDA BANCHÓN

ESTACIONES	T11 EDIFICIOS	SA	Cs	Req
ESTACIÓN APED(E-W)	0,37	2,71	0,112	24,2
ESTACIÓN APED(N-S)	0,37	2,91	0,112	26,0
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,37	1,49	0,112	13,3
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,37	1,51	0,112	13,5

4.7. ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO EN DESPLAZAMIENTOS

Una vez determinado T_I , se procede a calcular el desplazamiento elástico de la estructura como $T \leq T_I$

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

VENUS LOOR

ESTACIONES	T1 EDIFICIOS	SA	SD
ESTACIÓN APED(E-W)	1,24	0,7	0,267
ESTACIÓN APED(N-S)	0,92	0,9	0,189
ESTACIÓN PDNS(E-W)	1,24	0,67	0,256
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,92	0,7	0,147

LIDER VERA

ESTACIONES	T2 EDIFICIOS	SA	SD
ESTACIÓN APED(E-W)	0,62	2,80	0,267
ESTACIÓN APED(N-S)	0,52	1,50	0,101
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,62	1,53	0,146
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,52	2,20	0,148

JULIO WILLIANS

ESTACIONES	T3 EDIFICIOS	SA	SD
ESTACIÓN APED(E-W)	0,53	2,60	0,181

ESTACIÓN APED(N-S)	0,52	1,50	0,101
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,53	1,54	0,107
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,52	2,20	0,148

WILLIAMS CENTER

ESTACIONES	T4 EDIFICIOS	SA	SD
ESTACIÓN APED(E-W)	0,6	2,70	0,242
ESTACIÓN APED(N-S)	0,56	1,50	0,117
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,6	1,53	0,137
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,56	2,00	0,156

GAD PEDERNALES

ESTACIONES	T5 EDIFICIOS	SA	SD
ESTACIÓN APED(E-W)	0,74	2,70	0,367
ESTACIÓN APED(N-S)	0,82	1,20	0,201
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,74	1,53	0,208
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,82	0,70	0,117

YAM YAM

ESTACIONES	T6 EDIFICIOS	SA	SD
ESTACIÓN APED(E-W)	1,09	1,00	0,295
ESTACIÓN APED(N-S)	1,09	0,50	0,148
ESTACIÓN PDNS(E-W)	1,09	0,90	0,266
ESTACIÓN PDNS(N-S)	1,09	0,60	0,177

JUANA WACHO

ESTACIONES	T7 EDIFICIOS	SA	SD
ESTACIÓN APED(E-W)	0,5	2,60	0,162
ESTACIÓN APED(N-S)	0,49	2,30	0,137
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,5	1,90	0,118
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,49	1,65	0,098

LAST MAR

ESTACIONES	T8 EDIFICIOS	SA	SD
ESTACIÓN APED(E-W)	1,39	0,50	0,240
ESTACIÓN APED(N-S)	1,14	0,40	0,129
ESTACIÓN PDNS(E-W)	1,39	0,60	0,288
ESTACIÓN PDNS(N-S)	1,14	0,50	0,161

UPC

ESTACIONES	T9 EDIFICIOS	SA	SD
ESTACIÓN APED(E-W)	0,37	2,71	0,240
ESTACIÓN APED(N-S)	0,37	2,91	0,129
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,37	1,49	0,288
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,37	1,51	0,161

FRENTE UPC

ESTACIONES	T10 EDIFICIOS	SA	SD
ESTACIÓN APED(E-W)	0,37	2,71	0,240
ESTACIÓN APED(N-S)	0,37	2,91	0,129
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,37	1,49	0,288
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,37	1,51	0,161

MIRANDA BANCHÓN

ESTACIONES	T11 EDIFICIOS	SA	SD
ESTACIÓN APED(E-W)	0,37	2,71	0,240
ESTACIÓN APED(N-S)	0,37	2,91	0,129
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,37	1,49	0,288
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,37	1,51	0,161

4.8. DERIVA MÁXIMA DEL EDIFICIO

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

VENUS LOOR

ESTACIONES	SD	ΔM %
ESTACIÓN APED(E-W)	0,267	0,88
ESTACIÓN APED(N-S)	0,189	0,63
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,256	0,85
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,147	0,49

LIDER VERA

ESTACIONES	SD	ΔM %
ESTACIÓN APED(E-W)	0,267	1,807
ESTACIÓN APED(N-S)	0,101	0,681
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,146	0,987
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,148	0,999

JULIO WILLIANS

ESTACIONES	SD	ΔM %
ESTACIÓN APED(E-W)	0,181	1,613
ESTACIÓN APED(N-S)	0,101	0,896
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,107	0,955
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,148	1,314

WILLIANS CENTER

ESTACIONES	SD	ΔM %
ESTACIÓN APED(E-W)	0,242	1,25
ESTACIÓN APED(N-S)	0,117	0,60
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,137	0,71
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,156	0,81

GAD PEDERNALES

ESTACIONES	SD	ΔM %
ESTACIÓN APED(E-W)	0,367	1,787
ESTACIÓN APED(N-S)	0,201	0,975
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,208	1,013
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,117	0,569

YAM YAM

ESTACIONES	SD	ΔM %
ESTACIÓN APED(E-W)	0,295	1,244
ESTACIÓN APED(N-S)	0,148	0,622
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,266	1,120
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,177	0,746

JUANA WACHO

ESTACIONES	SD	ΔM %
ESTACIÓN APED(E-W)	0,162	1,434
ESTACIÓN APED(N-S)	0,137	1,218
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,118	1,048
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,098	0,874

LAST MAR

ESTACIONES	SD	ΔM %
ESTACIÓN APED(E-W)	0,240	0,919
ESTACIÓN APED(N-S)	0,129	0,494

ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,288	1,102
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,161	0,618

UPC

ESTACIONES	SD	ΔM %
ESTACIÓN APED(E-W)	0,240	0,919
ESTACIÓN APED(N-S)	0,129	0,494
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,288	1,102
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,161	0,618

FRENTE UPC

ESTACIONES	SD	ΔM %
ESTACIÓN APED(E-W)	0,240	0,919
ESTACIÓN APED(N-S)	0,129	0,494
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,288	1,102
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,161	0,618

MIRANDA BANCHÓN

ESTACIONES	T11 EDIFICIOS
ESTACIÓN APED(E-W)	0,37
ESTACIÓN APED(N-S)	0,37
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,37
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,37

MÉTODO DEL DR. RAFAEL MIRANDA

Obtenemos la relación de derivas que es definida como el desplazamiento máximo del techo dividido por la altura de la estructura en cada edificación; para poder obtener la deriva se basó en las fotografías que han sufrido daños a flexión o a corte y se tiene el valor alfa. Si el alfa es un valor igual a 0 entonces representa a flexión pura y si tiende más a corte su alfa es mayor a 0; si se acerca a flexión entonces la forma que se asume es triangular y si tiende a corte es uniforme.

VENUS LOOR

La estructura posee daño general severo (colapso) en las paredes de Primer

Piso Alto (1PA) y segundo Piso Alto (2PA), en donde colapsaron totalmente paredes interiores y exteriores.

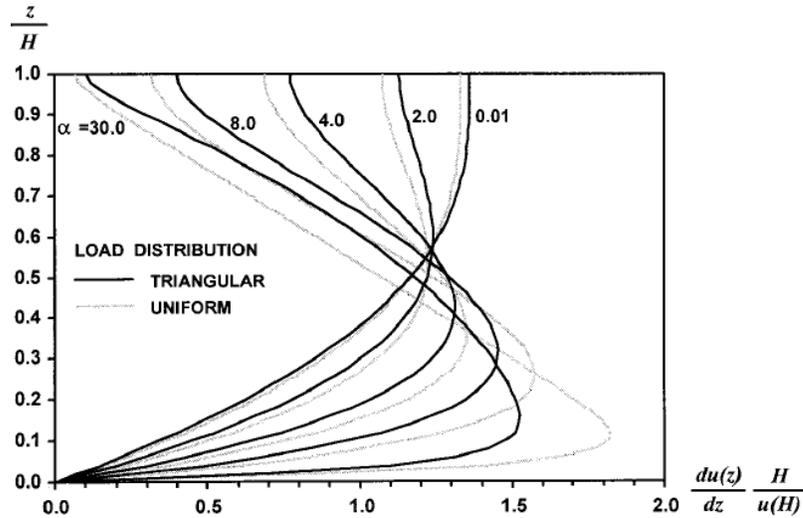


H= 22,7 m

Z= 8,2 m

IDR=1.4%* 1.27= 1.77

$$\frac{z}{H} = \frac{8,2}{22,7} = 0.36$$



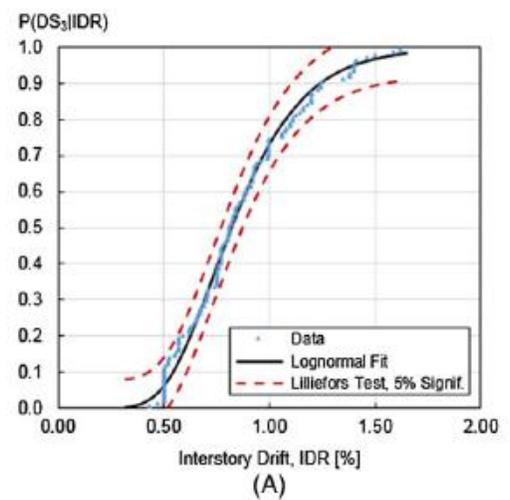
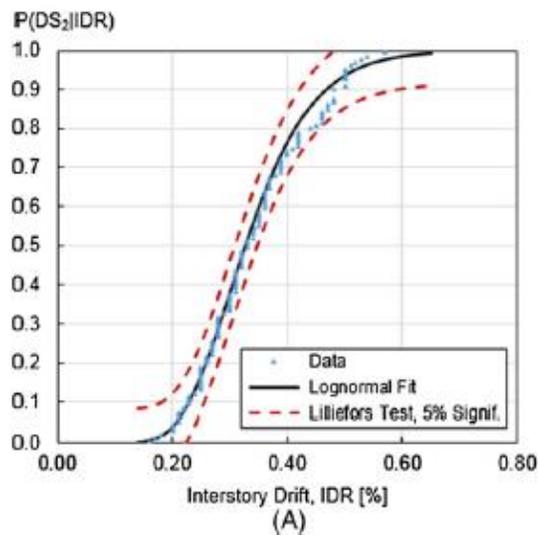
IDR normalizados por relación de deriva de techo en edificios sometidos a distribución de carga triangular y uniforme

IDR=1.4%

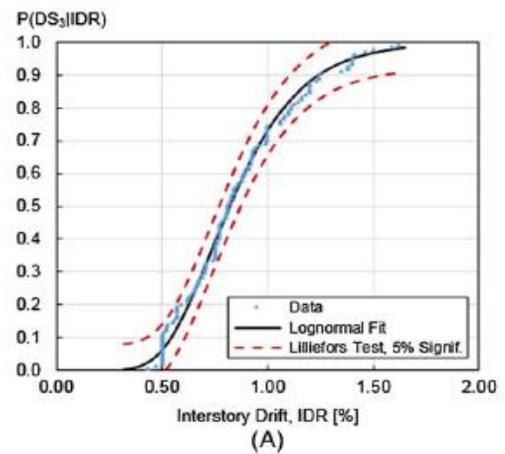
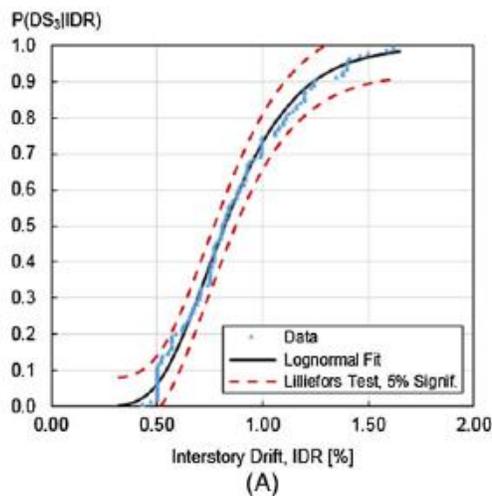
ESTACIONES	ΔM %	IDR %	%
ESTACIÓN APED(E-W)	0,919	1.4	1,29
ESTACIÓN APED(N-S)	0,494	1.4	0,69

ESTACIÓN PDNS(E-W)	1,102	1.4	1,54
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,618	1.4	0,87

ESTACIONES	ESTADOS DE DAÑOS	DS
ESTACIÓN APED(E-W)	DS3	0.7
ESTACIÓN APED(N-S)	DS2	0.89
ESTACIÓN PDNS(E-W)	DS3	0.9
ESTACIÓN PDNS(N-S)	DS3	0.41



(a) Función de fragilidad ajustada a los IDR correspondientes al estado de daños DS2 en rellenos de mampostería. (b) Incorporar incertidumbre de muestra finita a la función de fragilidad DS2



(a) Función de fragilidad ajustada a los IDR correspondientes al estado de daños DS3 en los rellenos de mampostería. (b) Incorporar incertidumbre de muestra finita a la función de fragilidad DS3

LIDER VERA

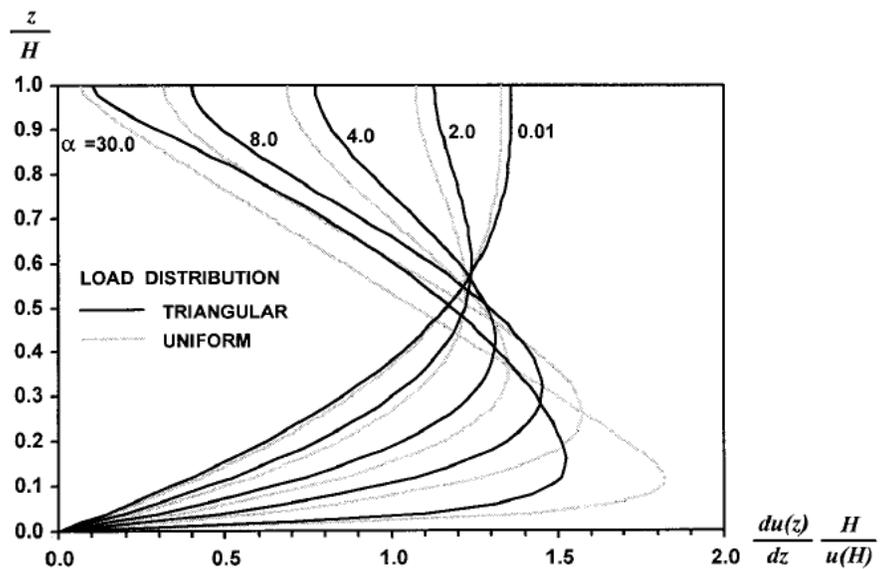
La estructura posee daño general severo (colapso) en las paredes de Primer Piso Alto (1PA) y segundo Piso Alto (2PA).



H= 11,1 m

Z= 5,75 m

$$\frac{z}{H} = \frac{5,75}{11,1} = 0,52$$



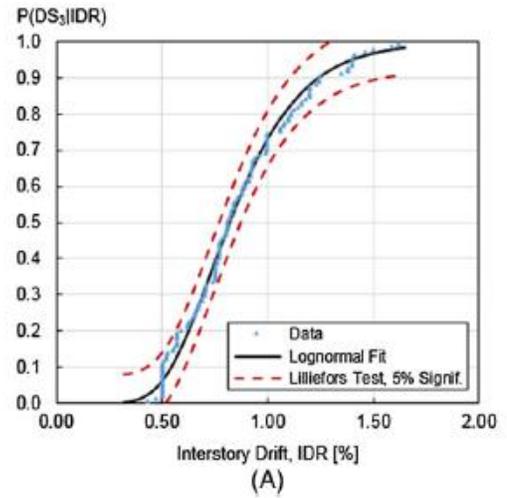
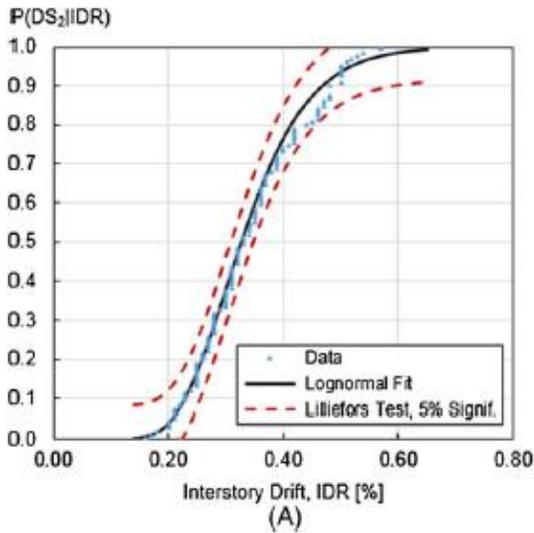
IDR normalizados por relación de deriva de techo en edificios sometidos a distribución de carga triangular y uniforme

IDR=1%

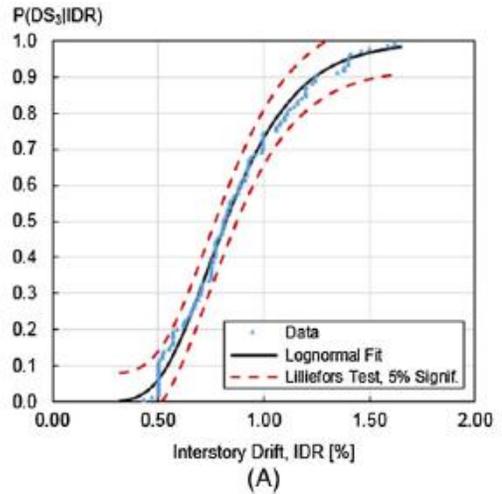
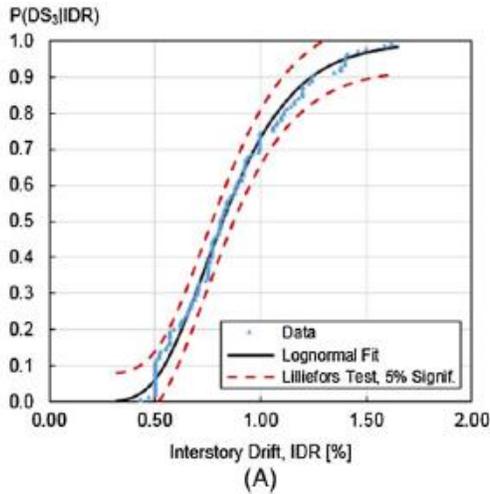
ESTACIONES	ΔM %	IDR%	%
ESTACIÓN APED(E-W)	1,807	1	1,807
ESTACIÓN APED(N-S)	0,681	1	0,681
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,987	1	0,987

ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,999	1	0,999
--------------------	-------	---	-------

ESTACIONES	ESTADOS DE DAÑOS	DS
ESTACIÓN APED(E-W)	DS3	1
ESTACIÓN APED(N-S)	DS2	1
ESTACIÓN PDNS(E-W)	DS3	0.5
ESTACION PDNS(N-S)	DS3	0.5



(a) Función de fragilidad ajustada a los IDR correspondientes al estado de daños DS2 en rellenos de mampostería. (b) Incorporar incertidumbre de muestra finita a la función de fragilidad DS2



(a) Función de fragilidad ajustada a los IDR correspondientes al estado de daños DS3 en los rellenos de mampostería. (b) Incorporar incertidumbre de muestra finita a la función de fragilidad DS3

EDIFICIO JULIO WILLIANS

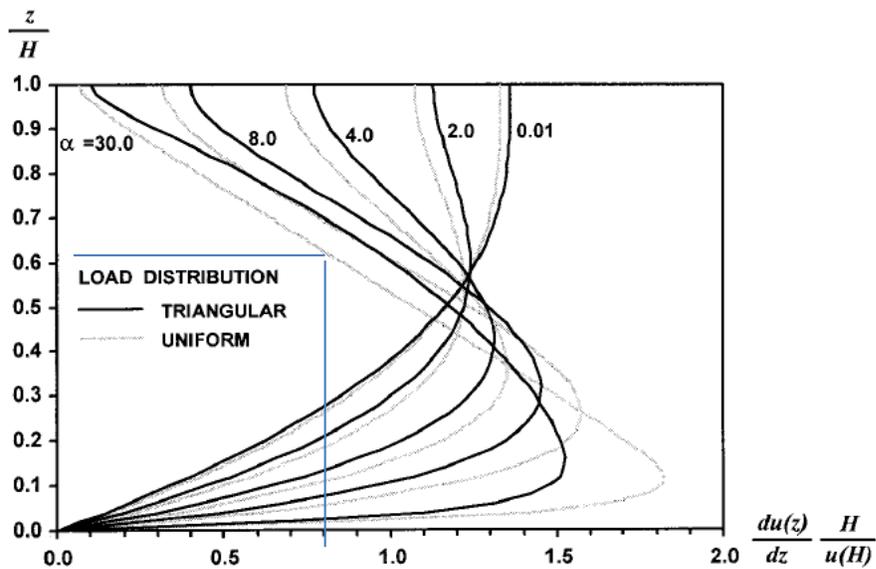
La estructura tuvo colapso y daños en Planta baja, primer piso, segundo piso.



$H = 8,44$ m

$Z = 5,77$ m

$$\frac{z}{H} = \frac{5,77}{8,44} = 0,68$$



IDR normalizados por relación de deriva de techo en edificios sometidos a distribución de carga triangular y uniforme

IDR=0.75%

ESTACIONES	ESTADOS DE DAÑOS	DS
ESTACIÓN APED(E-W)	DS3	0.7
ESTACIÓN APED(N-S)	DS2	0.89
ESTACIÓN PDNS(E-W)	DS2	0.9
ESTACIÓN PDNS(N-S)	DS3	0.5

ESTACIONES	ΔM %	IDR%	%
ESTACIÓN APED(E-W)	1,613	0.75	1.05
ESTACIÓN APED(N-S)	0,896	0,75	0.58
ESTACIÓN PDNS(E-W)	0,955	0,75	0.62
ESTACIÓN PDNS(N-S)	1,314	0,75	0.85

WILLIAMS CENTER

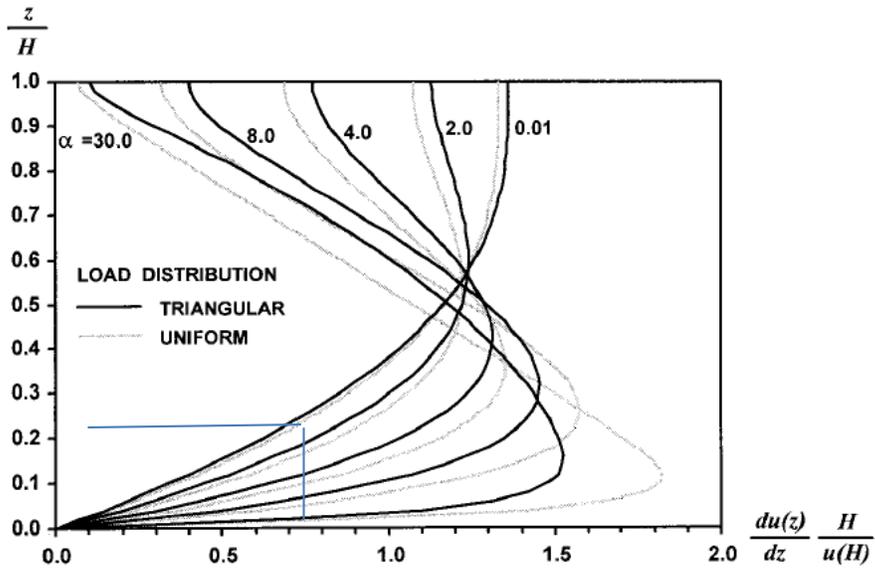
La estructura tuvo colapso y daños en la Planta alta (4 PA)



H= 14,5 m

Z= 2,90 m

$$\frac{z}{H} = \frac{2,90}{14,5} = 0,2$$



IDR normalizados por relación de deriva de techo en edificios sometidos a distribución de carga triangular y uniforme

IDR=0.65%

ESTACIONES	ESTADOS DE DAÑOS	DS
ESTACIÓN APED(E-W)	DS3	0.4
ESTACIÓN APED(N-S)	DS2	0.6
ESTACIÓN PDNS(E-W)	DS2	0.8
ESTACIÓN PDNS(N-S)	DS2	0.85

GAD DE PEDERNALES

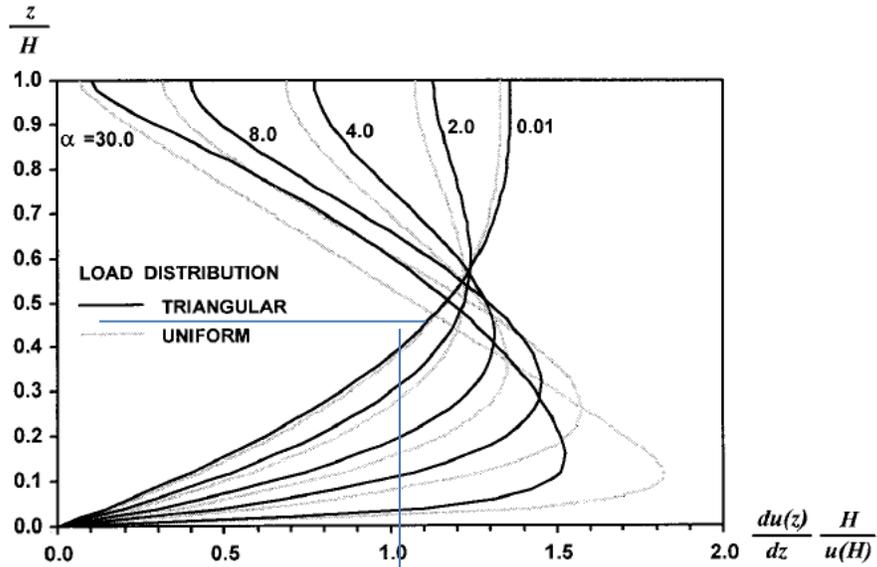
La estructura tuvo colapso y daños en Planta, Baja Mezanine y Primer piso.

H= 15,42 m



Z= 5,65 m

$$\frac{z}{H} = \frac{8,49}{15,42} = 0,55$$

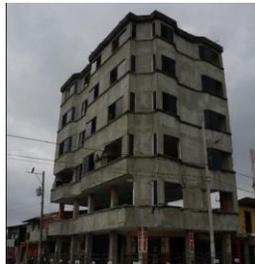


IDR normalizados por relación de deriva de techo en edificios sometidos a distribución de carga triangular y uniforme
IDR=1%

ESTACIONES	ΔM %	IDR%	%
ESTACIÓN APED(E-W)	1,787	1	1,787
ESTACIÓN APED(N-S)	0,975	1	0,975
ESTACIÓN PDNS(E-W)	1,013	1	1,013
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,569	1	0,569

YAM YAM

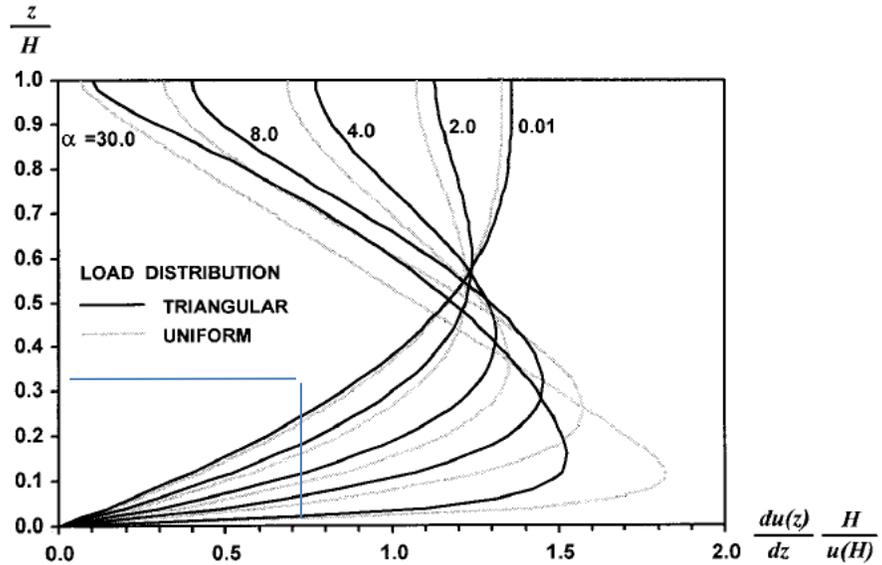
La estructura tuvo colapso y daños en Planta Baja, Primer Piso y segundo piso.



H= 17,8 m

Z= 6 m

$$\frac{z}{H} = \frac{6}{17,8} = 0,34$$



IDR normalizados por relación de deriva de techo en edificios sometidos a distribución de carga triangular y uniforme

ESTACIONES	ΔM %	IDR%	%
ESTACIÓN APED(E-W)	1,244	1.4	1.74
ESTACIÓN APED(N-S)	0,622	1.4	0.87
ESTACIÓN PDNS(E-W)	1,120	1.4	1.57
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,746	1.4	1.04

ESTACIONES	ESTADOS DE DAÑOS	DS
ESTACIÓN APED(E-W)	DS3	1
ESTACIÓN APED(N-S)	DS2	0.4
ESTACIÓN PDNS(E-W)	DS3	0.9
ESTACIÓN PDNS(N-S)	DS3	0.71

JUANA WACHO

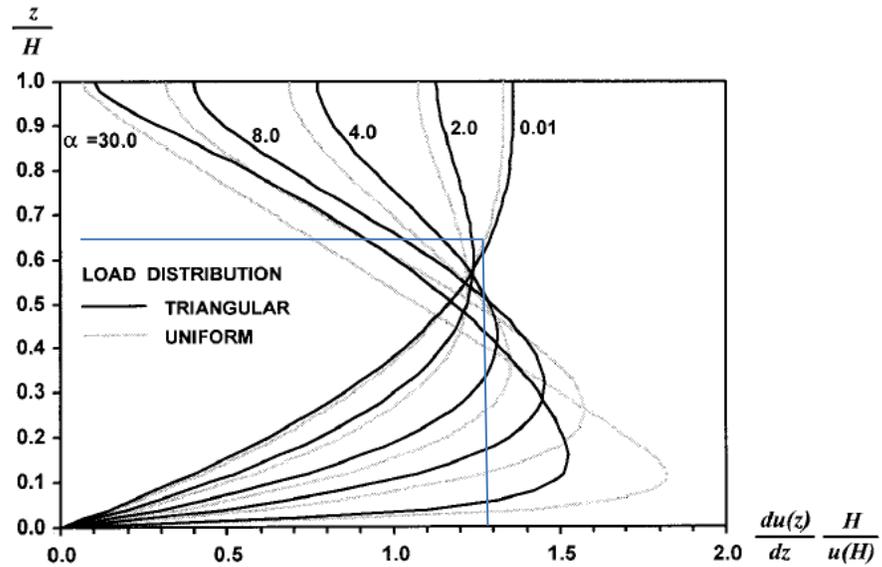
La estructura tuvo colapso y daños en Planta baja, primer piso, segundo piso.



H= 8,45 m

Z= 5,40 m

$$\frac{z}{H} = \frac{5,40}{8,45} = 0,64$$



IDR normalizados por relación de deriva de techo en edificios sometidos a distribución de carga triangular y uniforme

ESTACIONES	ESTADOS DE DAÑOS	DS
ESTACIÓN APED(E-W)	DS3	1
ESTACIÓN APED(N-S)	DS3	0.9
ESTACIÓN PDNS(E-W)	DS3	0.8
ESTACIÓN PDNS(N-S)	DS3	0.7

ESTACIONES	IDR	ΔM %	%
ESTACIÓN APED(E-W)	1.25	1,434	1.79
ESTACIÓN APED(N-S)	1.25	1.218	1.52
ESTACIÓN PDNS(E-W)	1.25	1,048	1.31
ESTACIÓN PDNS(N-S)	1.25	0,874	1.09

LAST MAR

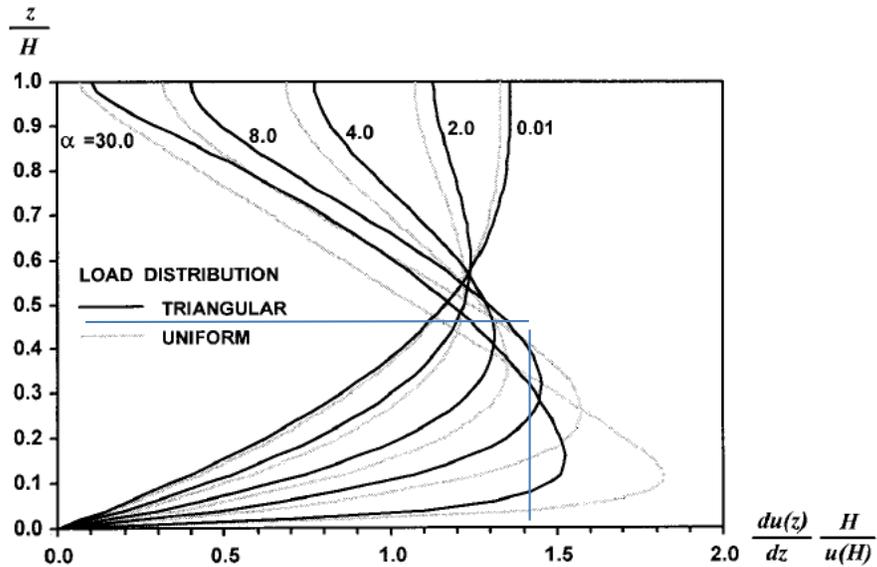
La estructura tuvo colapso y daños en Planta Baja, Primer Piso segundo piso.



H= 19,6 m

Z= 8,28 m

$$\frac{z}{H} = \frac{8,28}{19,6} = 0,42$$



IDR normalizados por relación de deriva de techo en edificios sometidos a distribución de carga triangular y uniforme

IDR=1.35%

ESTACIONES	ΔM %	IDR	%
ESTACIÓN APED(E-W)	0,919	1.35	1.24
ESTACIÓN APED(N-S)	0,494	1.35	0.67
ESTACIÓN PDNS(E-W)	1,102	1.35	1.49
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,618	1.35	0.83

ESTACIONES	ESTADOS DE DAÑOS	DS
ESTACIÓN APED(E-W)	DS3	0.75
ESTACIÓN APED(N-S)	DS2	1
ESTACIÓN PDNS(E-W)	DS3	0.9
ESTACIÓN PDNS(N-S)	DS3	0.5

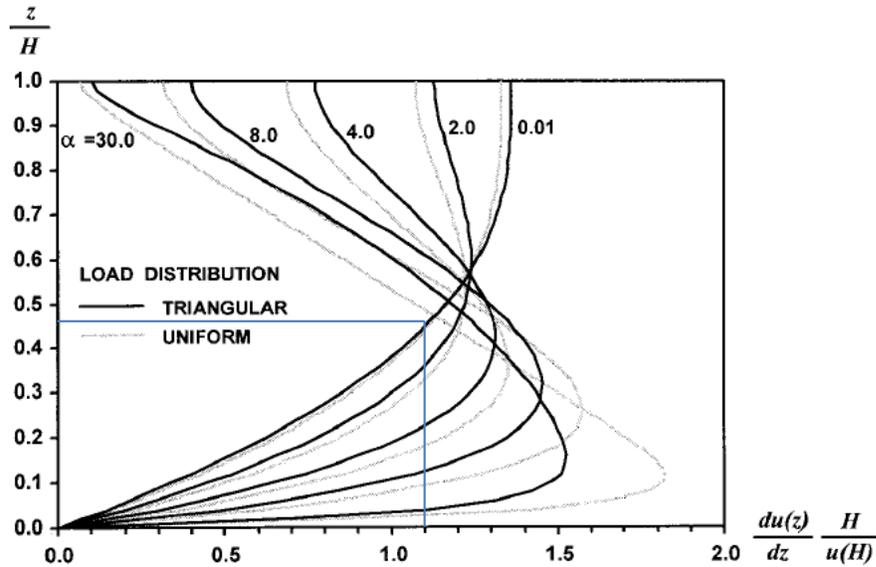
UPC

La estructura tuvo daños interiores en la planta baja, primer piso y segundo piso.

H= 19,6 m

Z= 8,28 m

$$\frac{z}{H} = \frac{8,28}{19,6} = 0,42$$



IDR normalizados por relación de deriva de techo en edificios sometidos a distribución de carga triangular y uniforme

IDR=1.1%

ESTACIONES	ΔM %	IDR	%
ESTACIÓN APED(E-W)	0,919	1.1	1.01
ESTACIÓN APED(N-S)	0,494	1.1	0.54
ESTACIÓN PDNS(E-W)	1,102	1.1	1.21
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,618	1.1	0.68

ESTACIONES	ESTADOS DE DAÑOS	DS
ESTACIÓN APED(E-W)	DS3	0.7
ESTACIÓN APED(N-S)	DS2	0.89
ESTACIÓN PDNS(E-W)	DS3	0.79
ESTACIÓN PDNS(N-S)	DS2	1

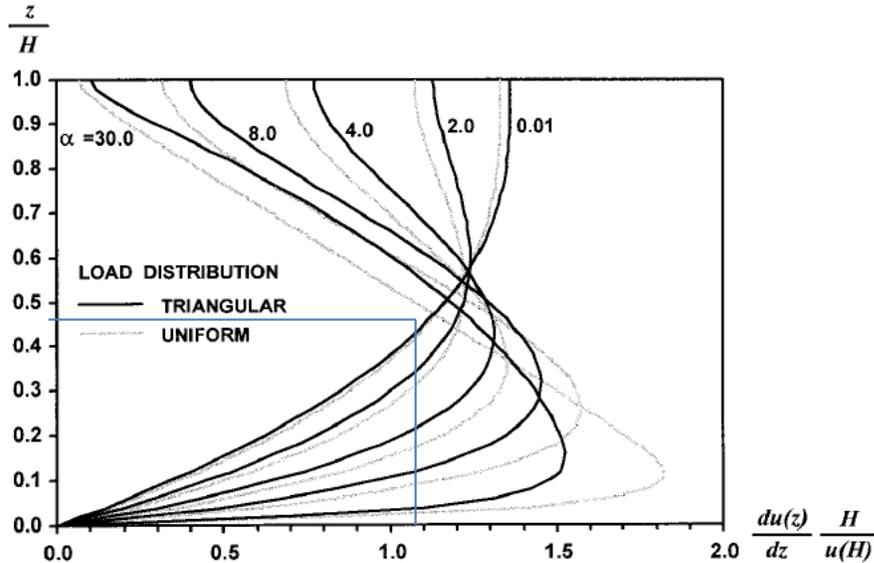
FRENTE UPC

La estructura tuvo daños en los dos últimos pisos

H= 19,6 m

Z= 8,28 m

$$\frac{z}{H} = \frac{8,28}{19,6} = 0,42$$



IDR normalizados por relación de deriva de techo en edificios sometidos a distribución de carga triangular y uniforme

IDR=1.1%

ESTACIONES	ESTADOS DE DAÑOS	DS
ESTACIÓN APED(E-W)	DS3	0.7
ESTACIÓN APED(N-S)	DS2	0.89
ESTACIÓN PDNS(E-W)	DS3	0.79
ESTACIÓN PDNS(N-S)	DS2	1

ESTACIONES	ΔM %	IDR	%
ESTACIÓN APED(E-W)	0,919	1.1	1.01
ESTACIÓN APED(N-S)	0,494	1.1	0.54
ESTACIÓN PDNS(E-W)	1,102	1.1	1.21
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,618	1.1	0.68

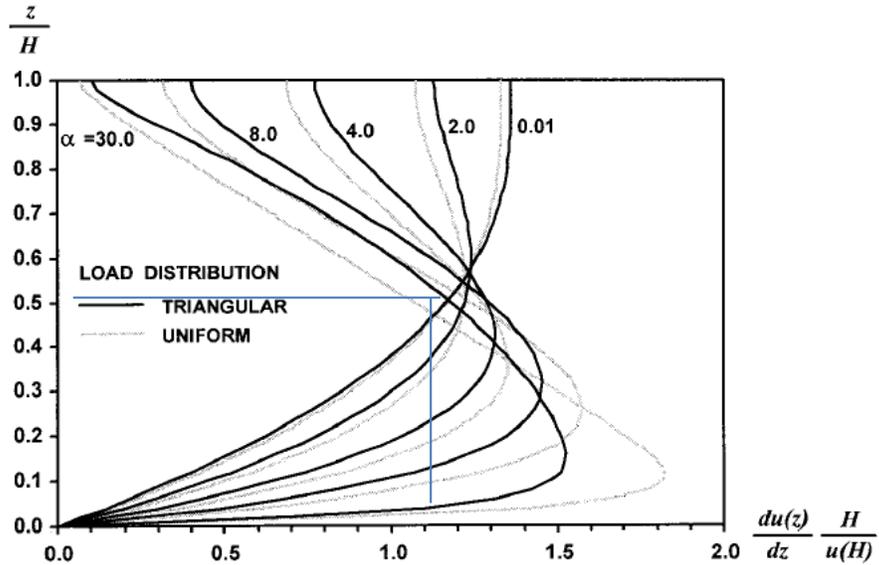
MIRANDA BANCHÓN

La estructura tuvo daños interiores en el primer piso

H= 19,6 m

Z= 8,28 m

$$\frac{z}{H} = \frac{8,28}{19,6} = 0,42$$



IDR normalizados por relación de deriva de techo en edificios sometidos a distribución de carga triangular y uniforme

IDR=1.1%

ESTACIONES	ΔM %	IDR	%
ESTACIÓN APED(E-W)	0,919	1.1	1.01
ESTACIÓN APED(N-S)	0,494	1.1	0.54
ESTACIÓN PDNS(E-W)	1,102	1.1	1.21
ESTACIÓN PDNS(N-S)	0,618	1.1	0.68

ESTACIONES	ESTADOS DE DAÑOS	DS
ESTACIÓN APED(E-W)	DS3	0.7
ESTACIÓN APED(N-S)	DS2	0.89
ESTACIÓN PDNS(E-W)	DS3	0.79
ESTACIÓN PDNS(N-S)	DS2	1

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se concluyó que la deriva inelástica máxima de los edificios fueron cercanas al 1%. La NEC-15 indica que la deriva inelástica máxima tiene un valor límite del 2%. Por lo tanto, no debería existir daño estructural en los edificios, lo cual fue verificado en todos y se encuentra técnicamente justificada en el GAD DE PEDERNALES su debida demolición que en cuanto a su resistencia si cumple con la norma. Existen daños en elementos estructurales a nivel de rotulas plásticas. Esta estructura cumplió su objetivo, hubo falla de elementos estructurales pero no colapsó. En el UPC se justificó demoler ya que la estructura no cumplió con la resistencia a la compresión del hormigón, lo cual era una limitante para cumplir el propósito de reforzamiento.

La estructura es vulnerable por sus irregularidades en planta y en elevación, lo cual amplificaba las deformaciones torsionales por efectos sísmicos. La resistencia del hormigón, determinada mediante la rotura de núcleos extraídos en zonas sanas de las columnas, no cumple los requerimientos de aceptación. La calidad del hormigón es deficiente, además se observó zonas afectadas por corrosión del acero. En el edificio Miranda Banchón, se justificó demoler debido que la resistencia del hormigón determinada mediante la rotura de núcleos extraídos en zonas sanas de las columnas, cumple los requerimientos de aceptación. No se cumple con parámetros de espaciamiento para refuerzo transversal mínimo para zonas sísmicas en columnas (espaciamiento no mayor a 10 cm).

El factor de reducción efectivo (R efectivo) de la respuesta elástica de cada edificio. Los valores de R efectivo encontrados están entre 5 y 26.

5.2. RECOMENDACIONES

En relación al capítulo NEC-DS-SE de las normas NEC-15 se recomienda cambiar el valor de porcentaje de la deriva inelástica máxima del 2% (se sugiere como máximo el 1%), debido a que los edificios que sufrieron graves daños en Pedernales lo hicieron con deriva inelástica cercanas al 1%.

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

ANEXOS

EDIFICIO VENUS LOOR



Imagen N° 4: Fotografía del Edificio Venus Loor después del sismo
Fuente: GAD de Pedernales

La estructura posee daño estructural menor en ciertos elementos estructurales y colapso de mampostería en planta baja, primer piso y segundo piso. Daños severos en mampostería de plantas altas.

EDIFICIO LIDER VERA



Imagen N° 5: Fotografía del Edificio Lider Vera después del sismo
Fuente: GAD de Pedernales

La estructura tuvo daño estructural mayor en ciertos elementos estructurales y colapso total de mampostería.

EDIFICIO JULIO WILLIANS



Imagen N° 5: Fotografía del Edificio Lider Vera después del sismo
Fuente: GAD de Pedernales

La estructura tuvo daño no estructural severo, elementos estructurales, los daños fueron mínimos.

GAD DE PEDERNALES



Imagen N° 6: Fotografía del Edificio del GAD Municipal después del sismo
Fuente: GAD de Pedernales

La estructura tuvo daño no estructural severo y colapso de paredes, en elementos estructurales los daños fueron en columnas y vigas.

EDIFICIO YAM YAM



Imagen N° 7: Fotografía del Edificio del Hotel Yam Yam después del sismo
Fuente: GAD de Pedernales

La estructura tuvo daño no estructural severo y colapso de paredes, en elementos estructurales los daños fueron en columnas.

EDIFICIO JUANA WACHO



Imagen N° 8: Fotografía del Edificio Juana Guacho después del sismo
Fuente: GAD de Pedernales

El Municipio de Pedernales debe revisar la memoria técnica, exigir que se mantengan solo dos losas sobre el terreno y terminar de construir, en un plazo perentorio, la intervención que se haya propuesto. Si esto no se cumple la estructura debe ser demolida mediante métodos manuales.

EDIFICIO LAST MAR



Imagen N° 9: Fotografía del Edificio del Hotel Last Mar después del sismo
Fuente: GAD de Pedernales

La estructura tuvo daño no estructural severo y colapso de paredes, en elementos estructurales los daños fueron en columnas.

EDIFICIO DEL UPC PEDERNALES



Imagen N° 10: Fotografía del Edificio del UPC después del sismo
Fuente: GAD de Pedernales

La estructura posee daño estructural entre fuerte y severo en mampostería y en elementos estructurales, además de colapso de las columnas de cubiertas.

EDIFICIO FRENTE AL UPC



Imagen N° 11: Fotografía del Edificio frente al UPC después del sismo
Fuente: GAD de Pedernales

La estructura posee daño estructural entre fuerte y mayoritariamente severo en elementos columnas de planta alta a cubierta. Se observan problemas de corrosión en estas columnas.

EDIFICIO MIRANDA BANCHÓN



Imagen N° 12: Fotografía del Edificio Miranda Banchón después del sismo
Fuente: GAD de Pedernales

La estructura posee daño estructural entre fuerte y severo en mampostería y severo en elementos estructurales de planta baja.



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Elbert Chávez, Gema Alejandra** con C.C: # **0931746325** autora del trabajo de titulación: **Estudio de las causas de demolición de edificios afectados por el sismo 16 de abril en Pedernales** 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, **25 de Septiembre** del **2018**

f. _____

Nombre: **Elbert Chávez, Gema Alejandra**

C.C: **0931746325**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Estudio de las causas de demolición de edificios afectados por el sismo del 16 de abril de 2016 en Pedernales.		
AUTOR(ES)	Gema Alejandra Elbert Chávez		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Villacrés Sánchez, Alex, MSc		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	25 de Septiembre 2018	No. DE PÁGINAS:	121
ÁREAS TEMÁTICAS:	Estructura		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Espectro de respuesta, factor de reducción, coeficiente sísmico, deriva máxima, desplazamiento, normas		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>Se estudiaron las causas de la demolición de edificios afectados por el sismo del 16 de abril del 2016 en la ciudad de Pedernales, Provincia de Manabí. Se realizó la respectiva investigación en periódicos, artículos técnicos, reportes técnicos y fotografías de los edificios afectados, donde se encontraron edificios de los cuales se requería conocer los motivos de su demolición. Se procedió a enviar cartas a entidades públicas como el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Pedernales y el MIDUVI, para solicitar información sobre las causas de la demolición de los edificios. Dicha información solo se obtuvo parcialmente por falta de respuesta efectiva de las entidades públicas. El proyecto se continuó con la determinación del tipo de suelo donde se encontraban los edificios, obtención de registro sísmico de aceleraciones, los espectros de respuesta elásticos de aceleración de sistemas de 1 GDL durante el sismo, los espectros de respuesta elásticos de desplazamiento, la deriva inelástica máxima, los coeficientes sísmicos de diseño y el valor de reducción de la respuesta elástica efectivos R que tuvieron los edificios durante el sismo. Dichos análisis se basaron en la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 y las normas vigentes en el año de construcción de cada edificio. Una vez que se obtuvieron dichos resultados se procedió a valorar si hubo motivos técnicos para su demolición y como pueden ayudar los resultados del presente estudio a establecer parámetros para futuras decisiones sobre la demolición o recuperación de edificios afectados por sismos en el Ecuador.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0979312354	E-mail: gemita9420@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Clara Glas Cevallos		
	Teléfono: +593-4 -2206956		
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			