



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

**ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL
RIESGO**

**ESTUDIO DE CASO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL
RIESGO**

TEMA:

**“EDIFICIOS SISMORRESISTENTES: CASO VULNERABILIDAD
SISMORESISTENTE DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA
UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR”**

AUTORES:

LUIS FERNANDO MILÁN ARÉVALO

HÉCTOR FABIÁN QUINATO TAMAMI

TUTOR:

ING. MARIO RAMOS BENAVIDES

GUARANDA – ECUADOR

AÑO 2019

TEMA:

EDIFICIOS SISMORRESISTENTES: CASO VULNERABILIDAD
SISMORESISTENTE DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA
UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR.

TABLA DE CONTENIDOS

PORTADA.....	I
TEMA:	1
TABLA DE CONTENIDOS.....	2
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE GRÁFICOS	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE MAPAS	8
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	10
AGRADECIMIENTO	11
RESUMEN EJECUTIVO	12
INTRODUCCIÓN	14
CAPITULO I: EL PROBLEMA.....	15
1.1 Planteamiento del problema.....	15
1.2 Formulación del problema	17
1.3 Objetivos	18
1.3.1 Objetivo general	18
1.3.2 Objetivos específicos	18
1.4 Justificación.....	19
1.5 Limitaciones.....	20
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	21
2.1 Contextualización del área de estudio.....	21

2.1.1 Localización del área de estudio	21
2.1.2 El entorno Geodinámico del Ecuador	21
2.1.3 Las fallas Geológicas del Ecuador	23
2.1.4 Sismos en el Valle Interandino	23
2.1.5 Tectónica local de Guaranda.....	24
2.1.6 Amenaza sísmica de la ciudad de Guaranda.	25
2.1.7 Amenaza Sísmica del Sector Alpachaca.	26
2.1.8 Aceleración de onda sísmica del estrato superior del suelo - ciudadela Alpachaca, sector Universidad de Bolívar	26
2.2 Bases teóricas	29
2.2.1 Fuentes de energía sísmica y peligro sísmico	29
2.2.1.1 Peligro sísmico	29
2.2.1.2 Terremotos y fallas.....	30
2.2.1.3 Tipos de terremotos.....	31
2.2.1.4 Rebote elástico	32
2.2.1.5 Parámetros sísmicos	33
2.2.2 Edificios sismorresistentes	36
2.2.2.1 Comportamiento sismoresistente	36
2.2.2.2 Los efectos del sismo en las construcciones	37
2.2.2.3 Periodo del edificio	38
2.2.2.4 Efectos de amplificación a escala local.....	39
2.2.2.5 Efecto de la torsión sobre el comportamiento sísmico de las estructuras	39
2.2.2.6 Diseño basado en el control del desplazamiento.....	40

2.2.2.7	Componente vertical del sismo de diseño	40
2.2.2.8	Corte basal y tipos de espectros de una estructura.....	40
2.2.2.9	Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades.....	41
2.2.2.10	Cargas que intervienen en los cimientos	42
2.2.3	Vulnerabilidad sismorresistente	43
2.2.3.1	Vulnerabilidad de los edificios: estructural, no estructural y funcional.....	44
2.2.3.2	Características estructurales que afectan la respuesta sísmica.....	47
2.2.3.3	Tipos de suelo	47
2.2.3.4	Interacción dinámica suelo-estructura.....	49
2.2.3.5	Zonas sísmicas y curvas de peligro sísmico.....	50
2.3	Marco legal.....	51
2.3.1	Norma Ecuatoriana de Construcción	51
2.3.2	Marco de Sendai para la reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030	51
2.3.3	Constitución de la República del Ecuador	51
2.3.4	Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización	53
2.3.5	Ley de Seguridad Pública y del Estado.....	54
2.3.6	Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas	54
2.3.7	Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y gestión de Suelo... ..	54
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO		55
3.1	Nivel de Investigación.....	55
3.2	Diseño	55

3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	55
3.4 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	56
CAPITULO IV: RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	58
4.1 Resultado del objetivo 1	58
4.1.1 Determinación de la condición del suelo y las zonas sísmicas con sus curvas de peligro sísmico del contexto local en el cual está construido el edificio administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar.....	58
4.1.1.1 Condición del suelo.....	58
4.1.1.2 Zonas sísmicas	59
4.1.1.3 Curvas de peligro sísmico, Guaranda.....	61
4.2 Resultado del objetivo 2.....	62
4.2.1 Descripción los Espectros de cálculo; Coeficientes de participación; Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta del edificio administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar.....	62
4.2.1.1 Espectros de cálculo.....	62
4.2.1.2 Coeficientes de participación	65
4.2.1.3 Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta	68
4.3 Resultado del objetivo 3.....	71
4.3.1 Interpretación de la Corrección por cortante basal y la Cortante sísmico combinado por planta del edificio administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar.....	71
4.3.1.1 Corrección por cortante basal.....	71
4.3.1.2 Cortante sísmico combinado por planta.....	73
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76

5.1 Conclusiones	76
5.2 Recomendaciones.....	77
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de Magnitud Richter	34
Tabla 2. Escala de Mercalli modificada	34
Tabla 3: Resistencia según los tipos de suelos.....	48
Tabla 4. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.....	59
Tabla 5. Valores del factor Z.....	59
Tabla 6: Modos de vibración, periodo y coeficientes de participación modal	66
Tabla 7: Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta ...	69
Tabla 8: Cortante basal dinámico en dirección X.....	71
Tabla 9: Cortante basal dinámico en dirección Y	71
Tabla 10: Cortante basal estático	72
Tabla 11: Verificación de la condición de cortante basal	73
Tabla 12: Hipótesis sísmica: Sismo X1	73
Tabla 13: Hipótesis sísmica: Sismo Y1	74
Tabla 14: Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.....	84
Tabla 15: Relación de la amplificación espectral	84
Tabla 16: F_a Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto	84
Tabla 17: F_d Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseños en roca.....	85

Tabla 18: F_s Comportamiento no lineal de los suelos.....	85
Tabla 19: Categoría del edificio y coeficiente de importancia I.....	86
Tabla 20: Exponente que define la rama descendente del espectro.....	87
Tabla 21: Ductilidad y factor de reducción de resistencia sísmica R_x, R_y	87
Tabla 22: Coeficiente de regularidad en planta	87
Tabla 23: Coeficiente de regularidad en elevación.....	89
Tabla 24: Parámetros sísmicos con su aceleración de suelos.	91

ÌNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Acelerograma – Sondeo 3	27
Gráfico 2. Espectro de Respuesta – Sondeo 3.....	27
Gráfico 3. Evolución de Aceleración Pico – Sondeo 3.....	28
Gráfico 4: Espectro elástico de aceleraciones del edificio.....	63
Gráfico 5: Espectro de diseño de aceleraciones según X.....	64
Gráfico 6: Espectro de diseño de aceleraciones según Y.....	65
Gráfico 7: Espectro de diseño según X.....	67
Gráfico 8: Espectro de diseño según Y.....	68
Gráfico 9: Ubicación de los centros de masas y centros de rigideces.....	69
Gráfico 10: Cortantes sísmicos máximos por planta	74
Gráfico 11: Cortantes sísmicos máximos por planta	74
Gráfico 12: Fuerzas sísmicas equivalentes por planta	75
Gráfico 13: Fuerzas sísmicas equivalentes por planta	75
Gráfico 14: Objeto de estudio	92
Gráfico 15: Revisiones del Tutor	92

Gráfico 16: Trabajo en la biblioteca.....	93
Gráfico 17: Grietas identificados en el edificio	93
Gráfico 18: Apoyo del Arq. Manuel García Director de planificación	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Georeferenciación del edificio administrativo de la U.E.B.....	21
Figura 2. Sismicidad del Ecuador de 1534-2006, zonas de epicentros (Magnitud)	22
Figura 3. Esquema Tectónico de la Depresión de Guaranda	25
Figura 4. Tectónica de placas en Latinoamérica.....	29
Figura 5. Tipos de fallas.....	31
Figura 6. Rebote elástico.....	33
Figura 7. Modos de vibración	38
Figura 8. Modos de vibración	39
Figura 9. Curvas de peligro sísmico, Guaranda.....	61

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Amenaza Sísmica Sector – Área de Estudio	26
Mapa 2: Mapa de aceleración de onda sísmica sector - área de estudio.....	60
Mapa 3: Zonas sísmica para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z..	90

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

El suscripto, Ing. Mario Ramos Benavides. Docente de la Universidad Estatal de Bolívar y director del Estudio de Caso.

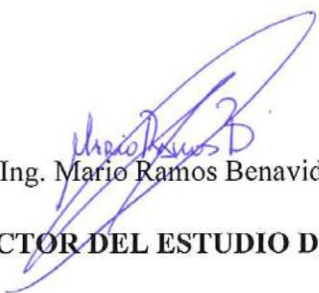
CERTIFICA:

Que el estudio de caso previo a la obtención del Título de Ingeniero en Administración Para Desastres y Gestión del Riesgos, con el tema:

“EDIFICIOS SISMORRESISTENTES: CASO VULNERABILIDAD SISMORESISTENTE DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR”

Elaborado por: **Luis Fernando Milán Arévalo Y Héctor Fabián Quinatoa Tamami**, han cumplido con los requisitos académicos y legales, por lo que permito autorizar su presentación.

Guaranda, Mayo del 2019


Ing. Mario Ramos Benavides

DIRECTOR DEL ESTUDIO DE CASO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por brindarme salud, sabiduría y poder llegar a cumplir mis objetivos; a mis padres Ángel Milán & María Arévalo, quienes fueron fuerza del hogar con profundo apoyo, dedicación y esfuerzo haciendo posible la culminación de esta etapa académica; mis familiares y amigos por los momentos compartidos y por sus mensajes de alimento para seguir adelante. El éxito del presente esfuerzo es dedicado a todos ustedes.

Luis Fernando Milán Arévalo

Este trabajo se lo dedico a DIOS por darme salud, sabiduría y fuerza guiándome en el trayecto de mi vida, a mi madre María Tamami, por ser el pilar más importante por demostrarme siempre su cariño, apoyo incondicional con sus consejos para ser un hombre de bien para poder llegar donde estoy.

A mi hermana Elizabeth, a quien quiero como una madre, por compartir momentos de alegrías y tristezas, y por estar siempre dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

A mi padre, a pesar de nuestra distancia y diferencia siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como para mí.

A mi compañero, Luis Milán porque sin el equipo que formamos y el esfuerzo, la perseverancia y la dedicación, no habiéramos logrado esta meta.

Héctor Fabián Quinatoa Tamami

AGRADECIMIENTO

Un profundo agradecimiento a Dios, por darnos salud y vida permitiéndonos lograr nuestros objetivos como es la culminación de esta fase académica.

A la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad Ciencias de la Salud y del Ser Humano y su Escuela de Administración para Desastres y Gestión del Riesgo, sus autoridades, docentes y a nuestro Tutor Ing. Mario Ramos Benavides., por sus importantes contribuciones en el presente estudio de caso.

Además al Arq. Manuel García Director del Departamento de Planificación por contribuir a realizar este estudio con material bibliográfico, información referente al edificio Administrativo desde su etapa de construcción; al grupo de ingeniería sísmica y estructuras (GISE) por ayudarnos en la interpretación del resultado del documento de la Justificación de la acción sísmica.

Al Ing. Hernán Nieto con aportes importantes que contribuyeron en el cumplimiento de nuestro trabajo.

Agradecidos,

Luis Fernando Milán Arévalo

Héctor Fabián Quinatoa Tamami

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio de caso denominado “Edificios sismorresistentes: Caso vulnerabilidad sismoresistente del edificio Administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar.”, se desarrolló como parte de un proyecto general llevado a cabo por Ing. Gino Noboa como director del proyecto y el Ing. Mario Ramos como Tutor del estudio de caso.

El objetivo general “Analizar la vulnerabilidad del diseño sismoresistente del edificio administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar, según la condición del suelo y los parámetros de la carga sísmica conforme a la Norma Ecuatoriana de Construcción – NEC-2015”, se efectuó desarrollando varias actividades como; la averiguación de información existentes de estudios de suelos, planos arquitectónicos, planos estructurales, drenajes realizados, etc.; obtención de información al Arq. Manuel García Director del Departamento de Planificación; observación directa al objeto de estudio y su posterior análisis de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-2015.

Como resultado del primer objetivo específico se presenta el reconocimiento de la condición del suelo, la zona sísmica con su respectiva curva de nivel para esta área donde se sitúa el edificio, lo cual se ha logrado desarrollar en base a los estudios de la Ing. Lorena Pérez, Ing. Abelardo Paucar conforme a lo establecido en la NEC-2015.

De acuerdo al tercer y cuarto objetivo se presenta un análisis del documento denominado “Justificación de la acción sísmica” obtenido a partir de la modelación en el software CYPECAD desarrollado por los autores Andrade Paul y Michaelle Escobar. Con los resultados del documento antes mencionado se verifica si los resultados cumplen con los parámetros establecidos en la NEC-2015.

Finalmente, ya ejecutados los objetivos del presente estudio de caso nos permitieron identificar el estado actual de la edificación en caso de un sismo. Consecuentemente se desarrolla las respectivas conclusiones y recomendaciones.

ABSTRACT

The present case study called "Seismic Resistant Buildings: Seismic Resistant Case of the Administrative Building of the State University of Bolivar.", Was developed as part of a general project carried out by Ing. Gino Noboa as project director and Mr. Mario Ramos. as Tutor of the case study.

The general objective "Analyze the vulnerability of the seismoresistant design of the administrative building of the State University of Bolivar, according to the condition of the soil and the parameters of the seismic load according to the Ecuadorian Construction Standard - NEC-2015", was carried out developing several activities as; the investigation of existing information on soil studies, architectural plans, structural plans, drains carried out, etc .; obtaining information from Arq. Manuel García Director of the Planning Department; direct observation of the object of study and its subsequent analysis in accordance with the Ecuadorian Construction Standard NEC-2015.

As a result of the first specific objective, the recognition of the condition of the soil, the seismic zone with its respective level curve for this area where the building is located is presented, which has been developed based on the studies of Ing. Lorena Pérez, Ing. Abelardo Paucar in accordance with the provisions of the NEC-2015.

According to the third and fourth objectives, an analysis of the document called "Justification of the seismic action" obtained from the modeling in the CYPECAD software developed by the authors Andrade Paul and Michaelle Escobar is presented. With the results of the aforementioned document, it is verified whether the results meet the parameters established in the NEC-2015.

Finally, once the objectives of this case study have been executed, they allowed us to identify the current state of the building in the event of an earthquake. Consequently, the respective conclusions and recommendations are developed.. Consequently, the respective conclusions and recommendations are developed.

INTRODUCCIÓN

Las pérdidas económicas y de vidas humanas que se producen como consecuencia de los terremotos están relacionadas en la mayoría de los casos con un comportamiento deficiente de las estructuras, el análisis de una estructura ante un fenómeno sísmico se ha vuelto de gran relevancia en nuestro país y a nivel mundial.

Los aspectos de seguridad estructural deben de ser considerados como temas prioritarios, al grado de daño que sufre una estructura, ocasionado por un sismo de determinadas características se le denomina vulnerabilidad. La vulnerabilidad frente a un sismo de determinadas característica es una propiedad intrínseca de cada estructura, esto varía de acuerdo a si se aplicó todos los parámetros que indica la normativa vigente en cada país para la construcción, es por ello que algunas edificaciones se comportan de distinta forma ante un sismo.

El terremoto del 16 de abril del 2016 en Ecuador es un claro ejemplo de que no se cumplieron las normas de construcción, es por ellos que casi en su totalidad de estructuras se desplomaron por no cumplir con lo que estipula la normativa o código vigente, por ello es importante destacar la manera en que la aplicación de las normativas de diseño puede llevar a una reducción del riesgo sísmico.

En el Ecuador empieza a regir normativas de construcción desde el año 2001 con el Código Ecuatoriano de Construcción (CEC-2001) y se ha venido actualizando en el año 2011 Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC-2011) hasta llegar a la Norma Ecuatoriana de Construcción 2015 (NEC-2015), en tal sentido es importante aplicar la normativa existente para las nuevas o futuras construcciones a realizarse, para las construcciones existentes es importante realizar una evaluación con la finalidad de determinar la vulnerabilidad sísmica y así poder incorporar medidas para el reforzamiento de las edificaciones vulnerables.

En todas estas circunstancias aparece la evidente utilidad que surge de tener conocimientos sobre los edificios sismoresistentes, por ende, si la necesidad viene y puede subsanar con las prácticas que implican la construcción de una estructura realmente sismoresistente.

CAPITULO I: EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ocurrencia de terremotos a lo largo del planeta ha puesto en manifiesto la importancia de prepararse para enfrentar estos fenómenos, debido a que la mayor parte de los países no tienen una cultura de reducción de riesgo. Los efectos de los sismos han sido sustancialmente reducidos en aquellos países en donde se ha implantado una cultura sismoresistente. Muchas edificaciones que fueron construidas en el pasado con normas y criterios de diseño sísmico menos exigentes a los actuales, han demostrado poseer una elevada vulnerabilidad y deben ser reforzadas. (López, 2014)

El Ecuador está ubicado en una de las zonas de mayor peligrosidad sísmica del mundo, de tal forma que los proyectistas estructurales tienen que diseñar sus edificios considerando que lo más importante es la acción sísmica por ello se debería existir una ley que haga cumplir la norma de construcción existente, esto conlleva a que la mayor parte de los colapsos de las estructuras suceden a que no se han cumplido estas normas en su realización. (Falconí, 2008)

De acuerdo a la norma Ecuatoriana de construcción NEC-2015, la provincia Bolívar se encuentra dentro de la zona sísmica IV correspondiente a una aceleración de 0,35g, caracterizando con un peligro sísmico alta. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015, pág. 27)

La mayor parte de las edificaciones del sector urbano de la ciudad de Guaranda, se localizan en suelos húmedos, blandos y rellenos lo que incrementarían la vulnerabilidad ante las amenazas de sismos y deslizamientos. (Paucar Camacho, 2016)

De acuerdo a Paucar Camacho (2016) describe: “El sector Alpachaca está compuesto del 49 % de suelo húmedo, blando y relleno, el restante corresponde al 51 % de suelo firme y seco” (pág. 418).

El edificio administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar justamente se encuentra en el sector de Alpachaca donde la característica del suelo es húmedo,

blando y relleno por lo tanto se prevé si se habría tomado en cuenta el diseño sísmoresistente en su construcción, donde dichos diseños deben estar encaminados a la calidad y seguridad de las edificaciones.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo el estudio de edificios sismorresistentes: caso vulnerabilidad sismoresistente del edificio administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar, aportaría a demostrar la condición en la que se encuentra la estructura para que brinde seguridad ante un fenómeno sísmico?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Analizar la vulnerabilidad del diseño sismorresistente del edificio administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar, según la condición del suelo y los parámetros de la carga sísmica conforme a la Norma Ecuatoriana de Construcción - NEC-2015.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la condición del suelo y las zonas sísmicas con sus curvas de peligro sísmico del contexto local en el cual está construido el edificio administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar.
- Describir los Espectros de cálculo; Coeficientes de participación; Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta del edificio administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar.
- Interpretar la Corrección por cortante basal y la Cortante sísmico combinado por planta del edificio administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Actualmente está en tendencia la necesidad de proteger las estructuras contra eventos accidentales que pueden producir catástrofes. Un par de eventos ocurridos durante el año 2010 en América (terremoto de Haití y Chile) pusieron de manifiesto de forma extrema la forma como la ingeniería sismorresistente puede proteger las edificaciones evitando que estas se conviertan en instrumentos causantes de muertos y heridos. (Vielma, Barbat, & Oller, 2011)

Vilera (2008) Describe: “El diseño sismorresistente permite impedir el colapso de las edificaciones para preservar la vida humana y reducir los daños materiales causado por este fenómeno”. Esto implica la importancia de crear conciencia de que los sismos no matan, lo que matan son las estructuras si es que no han sido diseñadas en forma adecuada.

A raíz del terremoto del 16 de abril del 2016 en la provincia de Manabí colapsaron muchas edificaciones debido a que no se habían cumplido los diseños sismorresistentes en los procesos de construcción, además no se hicieron verificaciones de las estructuras si es realmente sismorresistente. Por ello es oportuno verificar si una estructura garantiza la calidad y seguridad ante un evento sísmico.

La realización del presente estudio de caso permitirá analizar la vulnerabilidad del diseño sismorresistente del edificio según la condición del suelo y los parámetros de la carga sísmica conforme a la Norma Ecuatoriana de Construcción – NEC. Lo cual permitirá verificar si se trata de un edificio realmente sismorresistente ante la amenaza sísmica, las experiencias obtenidas en terremotos recientes han evidenciado el déficit comportamiento de las edificaciones y la necesidad de reforzar aquellas estructuras con poca o ninguna capacidad de respuesta sismorresistente.

1.5 LIMITACIONES

- Disponibilidad limitada de medios bibliográficos como: planos estructurales, estudios de drenajes realizados debido a que es una edificación realizada en el año de 2002.
- Información restringida por parte de algunas autoridades que han estado al frente en la administración del departamento de planificación de ese tiempo.
- Poco apoyo y coordinación por parte de los integrantes que conforman el proyecto general de investigación.
- Poco conocimiento de nuestra parte en temas de ingeniería civil, lo cual se nos dificultó la interpretación de los resultados obtenidos del software CYPECAD, debido a que son temas más relacionados para ingenieros civiles estructurales.
- Insuficientes libros en la biblioteca referentes a nuestro, por ello recurrimos a nuestros propios medios.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 CONTEXTUALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1.1 Localización del área de estudio

En la siguiente figura se muestra la georreferenciación del área de estudio que se encuentra en las siguientes coordenadas:

X	Y
721725	9826205



Figura 1. Georeferenciación del edificio administrativo de la U.E.B
Fuente: Imagen extraída del Google Earth

El edificio administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar se construyó en el año 2000 por ello tiene una antigüedad de 19 años; su área de construcción es de 1092,76 m² con un perímetro de 162,14 m. Está ocupada por 49 empleados y un promedio de 150 personas flotantes diarias.

La funcionalidad de este edificio es ocupada únicamente en el día, con el principal propósito de brindar servicios administrativos. Constituyéndose en un edificio principal de la Universidad debido a que se encuentran las primeras autoridades de la institución.

2.1.2 El entorno Geodinámico del Ecuador

Las fuerzas dinámicas que hacen que el Ecuador se encuentre en el denominado “Cinturón del Pacífico” es donde la Placa Nazca se hunde (o se subduce) bajo la Placa Sudamericana a una velocidad de 60 mm/año y con una dirección aproximada

Este-Oeste (Trenkamp et al., 2002, citado en Rivadeneira, y otros, 2007¹). Esta interacción entre placas hace que se acumulen esfuerzos tanto en zona de contacto como en la parte interna de las placas.

Como resultado del desplazamiento entre la placa Nazca y la placa Sudamericana el 16 de abril del 2016, se produjo un evento sísmico de magnitud 7,8 frente a Pedernales (Manabí), a 20 km de profundidad. Y es el mismo fenómeno que originó los sismos de: 31 de enero de 1906 (Mw 8.8), que es el más grande registrado en Ecuador; el del 14 de mayo 1942 (Mw 7.8); 19 de enero de 1958 (Mw 7.8) y del 12 de diciembre de 1979 (Mw 8.1). (Instituto Geofísico, 2018)

La mayor parte de los sismos se producen en la denominada zona de subducción producto de la fricción entre la placa de Nazca y la Sudamericana (Figura 2), además tenemos un segundo sector donde se puede evidenciar que se concentran los epicentros de los sismos en la cordillera de los Andes Ecuatorianos. En el Ecuador se ha encontrado estas dos zonas donde se concentran más los epicentros con mayores intensidades, volviéndolos más vulnerables a las poblaciones que habitan dichas áreas. (Ramón, Yepes, Bustillos, & Aguilar, Noviembre, 2007)

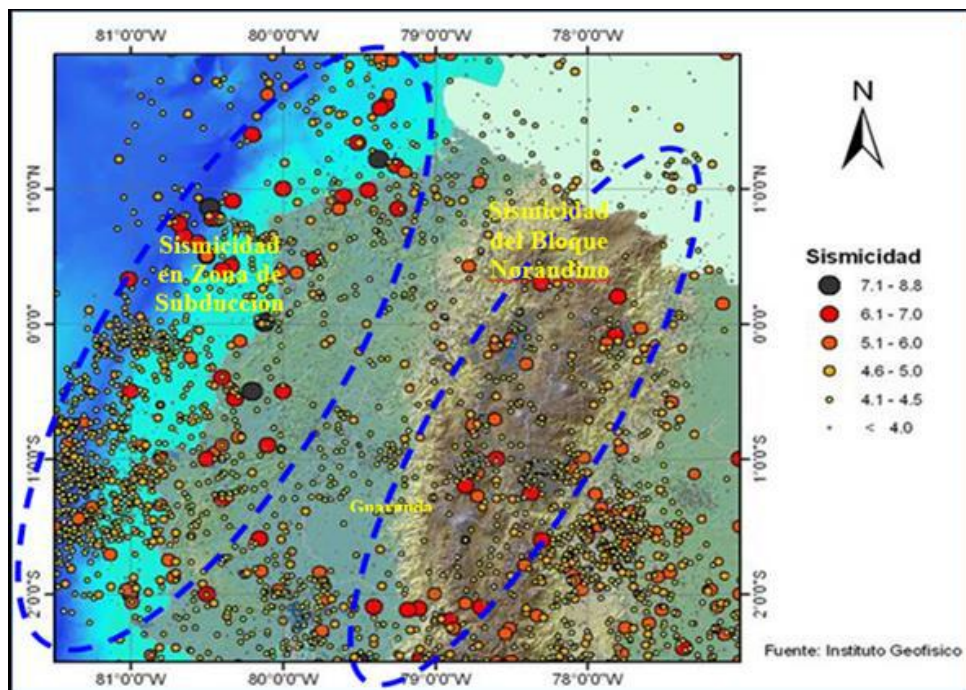


Figura 2. Sismicidad del Ecuador de 1534-2006, zonas de epicentros (Magnitud)

¹ “Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador” Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., & Yepes, H., 2007.

Fuente: (Ramón, Yepes, Bustillos, & Aguilar, Noviembre, 2007, pág. 9)

2.1.3 Las fallas Geológicas del Ecuador

El principal sistema de fallas activo del Ecuador es el Pallatanga-Chingual, que comienza en el golfo de Guayaquil, pasa por la Isla Puná, continua por la zona de la troncal, ingresa a la cordillera por Bucay y continúa por Pallatanga. Al salir al valle de Riobamba su trazo no es evidente debido a la gran cantidad de material volcánico reciente, que cubre las evidencias de movimiento. Hacia el norte se interna en el Callejón Interandino y continúa por Pallatanga hasta empatarse con la falla de Chingual, ubicada al extremo nororiental del Ecuador y que se inicia al norte del volcán Cayambe. Se cree que el sismo que destruyó la antigua ciudad de Riobamba en 1797, cuya magnitud estimada fue mayor a 7, se produjo en uno de los ramales de este sistema (Soulas et al., 1991, citado en Rivadeneira, y otros, 2007²)

2.1.4 Sismos en el Valle Interandino

Entre los sismos históricos registrados se destaca el terremoto de Riobamba ocurrido en febrero de 1797 con intensidad máxima de nueve. Debido al alto grado de destrucción que sufrió la ciudad de Riobamba, esta fue reubicada en el lugar que ocupa actualmente. También sufrieron daños considerables las actuales provincias de Tungurahua, Cotopaxi, Bolívar e incluso Pichincha. Este evento tiene como probable origen una ruptura de la falla de Pallatanga (J. Egred., 2004, citado en Rivadeneira, y otros, 2007³)

El terremoto de Ambato-Pelileo ocurrido en agosto de 1949, con una intensidad máxima diez y cuyos efectos se extendieron en las provincias de Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo parte de Bolívar, Pichincha y Pastaza. (Rivadeneira, y otros, 2007, pág. 36).

La ciudad de Guaranda ha experimentado sismos en 3 ocasiones de intensidades de 8 en la escala MSK durante el periodo histórico. El evento con más relevancia y el

² “Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador” Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., & Yepes, H., 2007.

³ “Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador” Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., & Yepes, H., 2007.

de mayor impacto ha tenido sobre la ciudad de Guaranda y en general sobre esta región de la provincia sea un terremoto de $M_s = 7.9$, ocurrido mar afuera en el año de 1942 en la zona de subducción, frente a las costas de Manabí y Esmeraldas, este evento llama la atención que las localidades más cercanas al epicentro hayan experimentado aceleraciones de valores menores a las que experimento la ciudad de Guaranda, de ahí los eventos que sobresalen son de intensidad 8 en los años 1797 y 1911, están relacionados seguramente con la actividad de la falla de Pallatanga que se ubica a unos 26 km al SE de la ciudad. (Ramón, Yepes, Bustillos, & Aguilar, Noviembre, 2007, págs. 22-23)

2.1.5 Tectónica local de Guaranda

Escorza Luis menciona que la ciudad de Guaranda se encuentra asentada en la denominada zona de “Depresión de Guaranda” la cual está limitada por tres fallas geológicas desde la más antigua tenemos: la primera es la falla de río Salinas(RS), que tiene un rumbo norte sur, y esa falla a su vez puede ser considerada un ramal de la falla regional Puna – Pallatanga – Riobamba; la segunda es la Falla Río Guaranda (RG) o Falla Illangama - Guaranda que se ubica paralela a la Cordillera de Chimbo y paralelo oeste de la cordillera Occidental; la tercera falla de Negroyacu (NG), ver figura 2. (Escorza Luis, citado en Amangandi & Yasuma, 2017⁴).

⁴ “Análisis de riesgos ante eventos sísmicos en las edificaciones de la parroquia Santa Fe, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar en el periodo Mayo Agosto del 2017”. Realizado por: Amangandi & Yasuma, 2017.

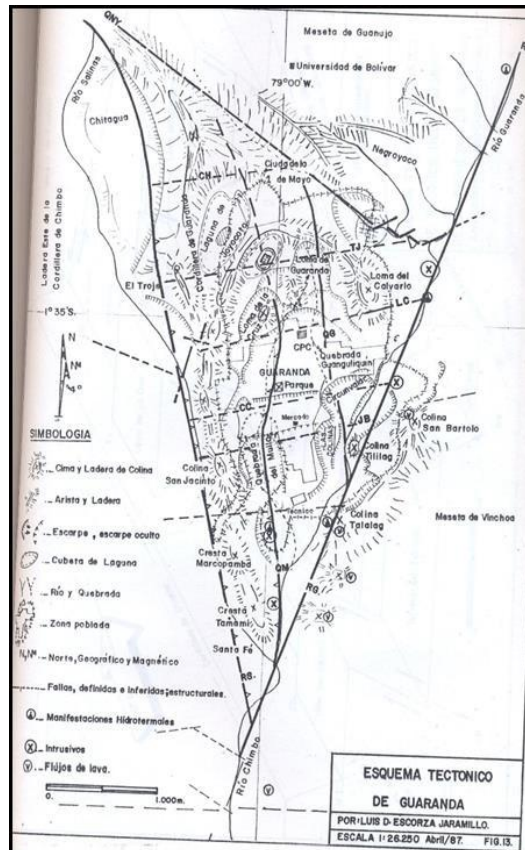


Figura 3. Esquema Tectónico de la Depresión de Guaranda

Fuente: Escorza Luis. Trabajo de tesis previo a la obtención del título de Ingeniero Geólogo.

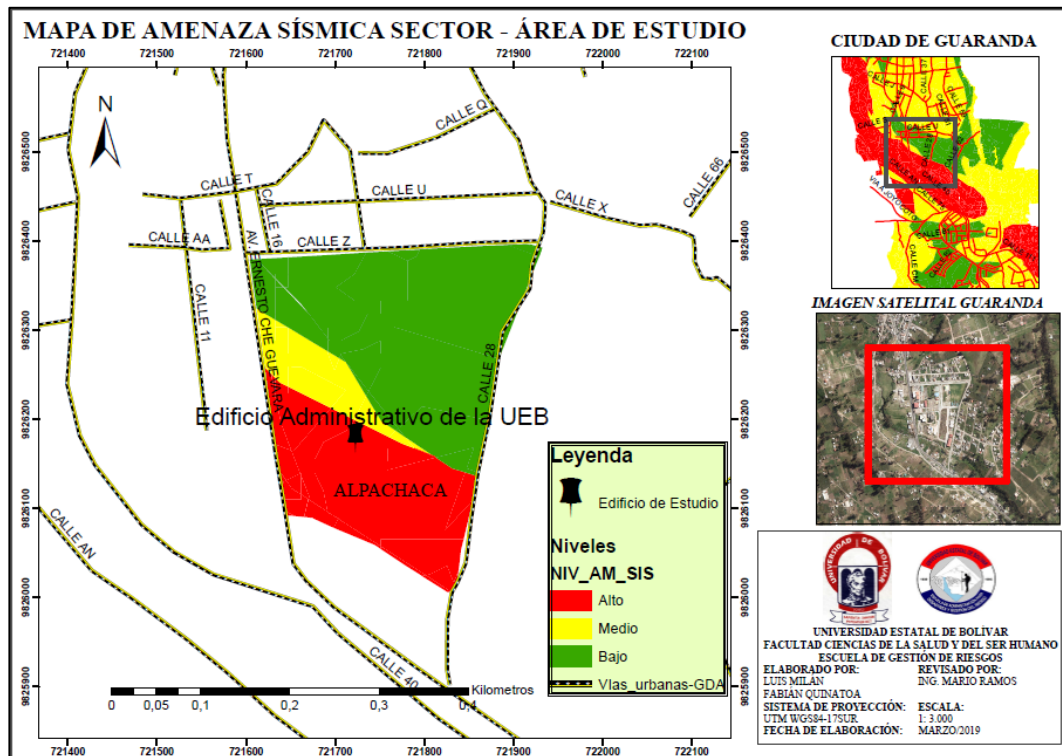
Falla de Negroyacu: esta falla local es el producto de la falla del río Guaranda, morfológicamente presenta quebradas alineadas y levantadas con un rumbo aproximado E-O, como son los casos de la quebrada Negroyacu y Suruhuayco, siendo la falla que atraviesa el sector de estudio. (Carrillo Chimbo , 2013, pág. 72)

2.1.6 Amenaza sísmica de la ciudad de Guaranda.

De acuerdo a Paucar (2016) indica que la amenaza sísmica para el territorio de la ciudad de Guaranda: está distribuido en los siguientes niveles: la mayoría del territorio tiene un nivel medio con un 40.82%; seguido por un 32.01% de amenaza de nivel alto debido a las condiciones del suelo, a fallas locales, entre otros; también existen zonas con menor peligro sísmico que corresponde a un 27.17% de nivel bajo, donde las personas podría asentarse con una menor probabilidad de riesgo. (pág. 347)

2.1.7 Amenaza Sísmica del Sector Alpachaca.

Los niveles de amenaza sísmica del sector Alpachaca se encuentran distribuido con 15.77% de nivel alto, seguido por el nivel medio con un 56.50% y finalmente 27.73% que corresponde al nivel bajo. Con este antecedente la zona de estudio está ubicado dentro del nivel de amenaza sísmica alta. (Paucar Camacho, 2016, pág. 347)



Mapa 1. Amenaza Sísmica Sector – Área de Estudio

Fuente: GAD Guaranda, 2011b. UEB, 2013. Yépez, 2013. Carrillo, 2013. Base de datos del mapa de amenaza sísmica del área urbana de Guaranda, 2016. Elaborado por: Milán & Quinatoa, 2019.

2.1.8 Aceleración de onda sísmica del estrato superior del suelo - ciudadela Alpachaca, sector Universidad de Bolívar

Como resultado de la aplicación del programa EDUSHAKE que sirve para analizar la respuesta sísmica de depósitos de suelos estratificados horizontalmente y utiliza el Método Unidimensional Lineal Equivalente aplicado por el autor Paucar (2011) en la ciudadela Alpachaca (sector Universidad de Bolívar), en el gráfico de acelerograma se observó que en caso de ocurrir un sismo se presentaría una amplificación en el pico 0,25 s. (Gráfico 1) ; hay un considerable aumento energético; esto concuerda con el grafico de aceleración pico que inicia con 0,33

(g) (Gráfico 2) y llega a 0.88 (g) (Gráfico 3); en superficie; esto podría deberse al tipo de suelo del lugar que es arena arcillosa y se detectó un nivel freático a 3 metros de profundidad, factores que podrían contribuir a la amplificación. (Paucar Camacho, 2011, pág. 47)

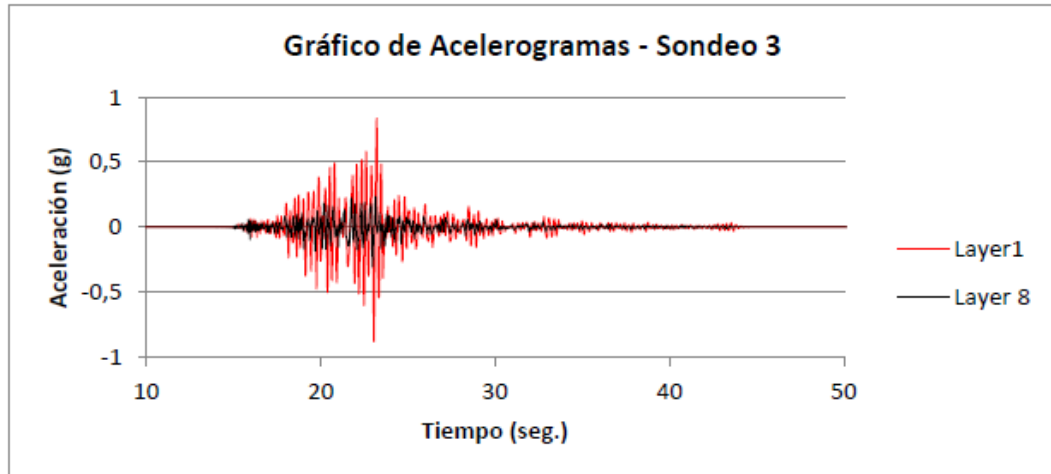


Gráfico 1. Acelerograma – Sondeo 3

Fuente: (Paucar Camacho, Metodología para la Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Guaranda/ Ecuador, 2011)

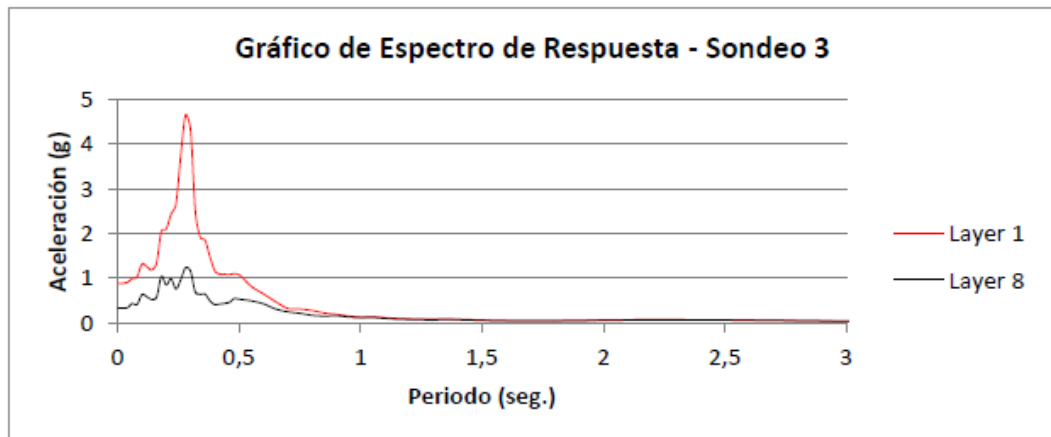


Gráfico 2. Espectro de Respuesta – Sondeo 3

Fuente: (Paucar Camacho, Metodología para la Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Guaranda/ Ecuador, 2011)

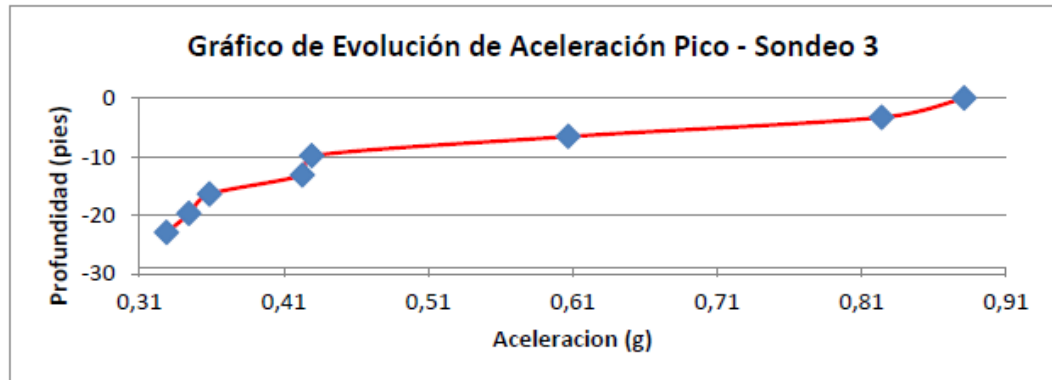


Gráfico 3. Evolución de Aceleración Pico – Sondeo 3

Fuente: (Paucar Camacho, Metodología para la Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Guaranda/ Ecuador, 2011)

El edificio administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar objeto de estudio se encuentra precisamente en el entorno desarrollado, presentándose en un contexto de diferentes problemas que lo amenazan ante un peligro sísmico de nivel alto, según el mapa 1 de amenaza sísmica donde se combinan la ponderación de las siguientes variables: historia sísmica local(intensidad máxima registrada), zonificación sísmica (NEC, 2015) y microzonificación sísmica (geología-litología, geomorfología, pendiente, geotecnia y aceleración de onda sísmica en el estrato superior).

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Fuentes de energía sísmica y peligro sísmico

2.2.1.1 Peligro sísmico

Según Organización Panamericana de la Salud (2003) define: Los sismos son provocados por el movimiento de las diferentes placas tectónicas que forman el planeta. En particular para la mayoría de los países en Latinoamérica y el Caribe los sismos son atribuibles al movimiento de las placas de Cocos, placa Caribe, Placa de Nazca, Placa Sudamericana, Placa Antártica y Placa Scotia. (Organización Panamericana de la Salud, 2003, pág. 11)

Cada una de estas placas poseen actividades diferentes, por ejemplo, la placa Sudamericana colinda al occidente y la segunda en sentido contrario, (Figura 4) con velocidades relativas de unos pocos centímetros al año (9 cm. al año en el caso de la Placa Nazca con respecto a la placa sudamericana). En este choque se producen fuerzas de fricción y deformaciones de las placas. Al deformarse la placa acumula energía lentamente, sin embargo llega el momento en que las fuerzas de fricción no logran sostener la fuerza con que son empujadas las placas y se rompe el equilibrio, liberándose la energía súbitamente y generando sismos. (Organización Panamericana de la Salud, 2003, pág. 12)

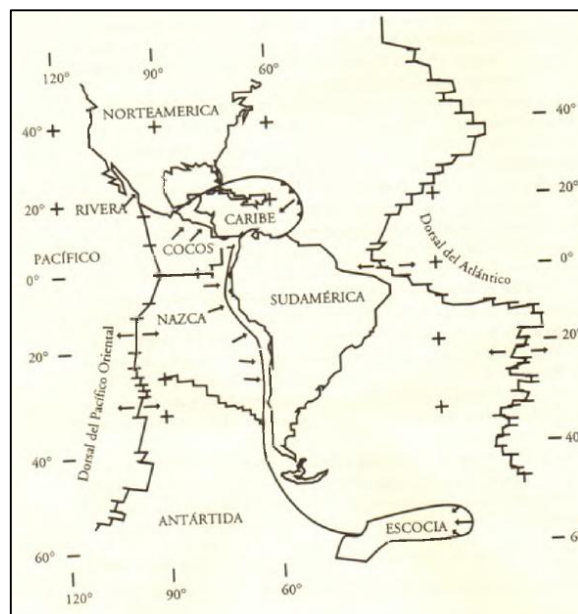


Figura 4. Tectónica de placas en Latinoamérica

Fuente: (Lugo Hubp & Inbar, 2002, pág. 10)

“Sin embargo existen eventos sísmicos producidos por el desplazamiento relativo horizontal de las fallas, a los que se le denomina sismos intraplaca (que se producen en el interior de las placas)” (Organización Panamericana de la Salud, 2003, pág. 12).

2.2.1.2 Terremotos y fallas

“La tremenda energía liberada por las explosiones atómicas o por las erupciones volcánicas pueden producir un terremoto, pero esos acontecimientos son relativamente débiles e infrecuentes.” (Tarbuck & Lutgens, 2010)

Normalmente, los terremotos se producen a lo largo de las fallas preexistentes que se formaron en el pasado lejano a lo largo de las zonas de fragilidad de la corteza terrestre algunos de ellas son muy grandes y pueden generar grandes terremotos. Un ejemplo es la falla de San Andrés, que es un límite de falla transformante que separa dos grandes secciones de la litosfera terrestre: la placa norteamericana y la placa del Pacífico. (Tarbuck & Lutgens, 2010)

Según Rivadeneira, y otros (2007) en su libro breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador describe los tipos de fallas: las fallas inversas son aquellas en las que el bloque superior sube respecto al otro usando como “rampa” el plano de falla localizado entre ellos, (Figura 5, A).

Las fallas son “normales” cuando el bloque de arriba desciende por la acción de la gravedad debido a la falta de sustento en el plano de falla (o escarpe), (Figura 5, B). (Rivadeneira, y otros, 2007)

Cuando las fuerzas que provocan el movimiento de los bloques son diagonales a la dirección del plano de falla, se produce un movimiento tangencial de los bloques que determina la formación de una falla transcurrente, (Figura 5, C). (Rivadeneira, y otros, 2007)

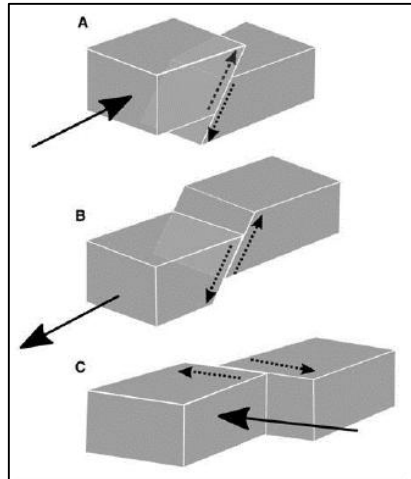


Figura 5. Tipos de fallas
Fuente: (Rivadeneira, y otros, 2007)

La mayor parte del movimiento que se produce a lo largo de las fallas pueden explicarse de manera satisfactoria acudiendo a la teoría de la tectónica de placa.

Según esta teoría, grandes unidades de la corteza terrestre se están moviendo lenta y continuamente. Estas placas móviles interactúan entre sí, deformando las rocas en sus bordes. De hecho, es a lo largo de las fallas asociadas con los bordes de la placa donde se producen la mayoría de los terremotos. Además, los terremotos son repetitivos. En cuanto termina uno, el movimiento continuo de las placas deforma las rocas hasta que vuelven a fracturarse (Tarbuck & Lutgens, 2010)

Otras fallas son pequeñas y producen solo terremotos pequeños e infrecuentes. Sin embargo, la gran mayoría de las fallas son inactivas y no generan terremotos. No obstante, incluso las fallas que han permanecido inactivas durante miles de años pueden volver a moverse si los esfuerzos actúan en la región aumentan lo suficiente. (Tarbuck & Lutgens, 2010)

2.2.1.3 Tipos de terremotos

Tres tipos de terremotos pueden afectar al país:

- a) Terremotos de Subducción,
- b) Terremotos Someros en la Placa Superior, relacionados con el fallamiento transcurrente y con el levantamiento andino y,
- c) Marginalmente, terremotos asociados a la actividad volcánica, de efectos restringidos a las cercanías del volcán que los produce.

Los terremotos someros relacionados con el proceso inicial de la subducción ocurren a lo largo de la costa, mientras que los más profundos (hasta 300 km bajo la superficie) se concentran fundamentalmente al sur del paralelo 1° 30' Sur. Los otros terremotos someros, vinculados a la deformación continental en la placa sobreyacente, se ubican tanto bajo los andes como en la zona subandina al norte del paralelo 2° Sur. Hacia el sur de esta latitud la sismicidad es más dispersa. (León Velasco, 2010)

2.2.1.4 Rebote elástico

Las vibraciones que conocemos como un terremoto se produce cuando la roca vuelve elásticamente a su forma original, (Figura 6). Este <<salto atrás>> de las rocas fue denominada rebote elástico por Reid, porque la roca se comporta de manera elástica, de una manera muy parecida a como lo hace un anillo de goma elástica cuando es liberada. (Tarbuck & Lutgens, 2010)

En resumen, la mayor parte de los terremotos producen por la liberación rápida de la energía elástica almacenada en la roca que ha sido sometida a grandes esfuerzos. Una vez superada la resistencia de la roca, este se rompe súbitamente, provocando las vibraciones de una terremoto- se producen también terremotos a lo largo de superficies de fallas preexistentes cuando se superan las fuerzas friccionarias de estas. (Tarbuck & Lutgens, 2010)

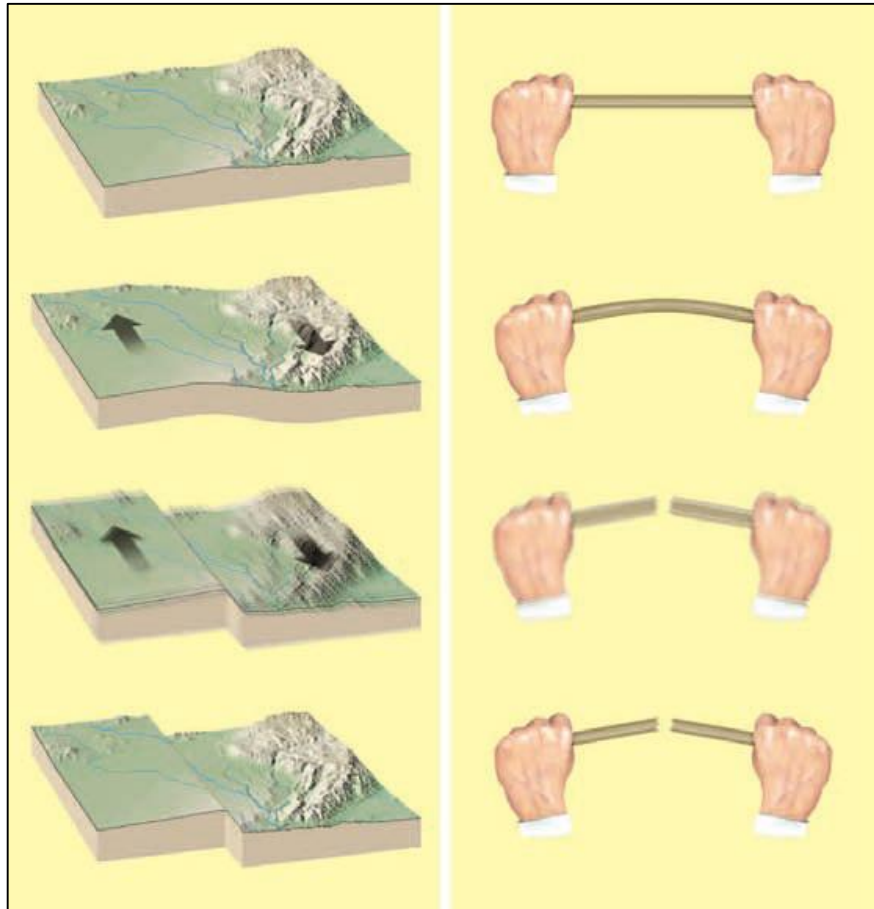


Figura 6. *Rebote elástico*

Fuente: (Tarbuck & Lutgens, 2010, pág. 311)

2.2.1.5 Parámetros sísmicos

Los terremotos se miden con los siguientes parámetros.

Escalas de magnitud

La magnitud describe el tamaño de un sismo y expresa la cantidad de energía liberada. La magnitud de Richter es una escala logarítmica: por cada incremento de 1 en la magnitud de Richter, se libera 33 veces más de energía, (Tabla 1). La liberación de energía depende de la ruptura de la falla y de la distancia del desplazamiento. (Organización Panamericana de la Salud, 2003, pág. 13)

“La magnitud es un dato medido de manera instrumental, por lo que es una característica netamente objetiva” (Comunidad Andina, 2009).

Tabla 1. *Escala de Magnitud Richter*

Magnitud en la escala de Richter	Efectos del terremoto
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado.
3.5 – 5.4	A menudo se siente, pero solo causa daños menores.
5.5 – 6.0	Ocasionan daños ligeros a edificios.
6.1 – 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas.
7.0 – 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños.
8 o mayor	Gran terremoto. Destrucción total a comunidades.

Fuente: (Universidad de Oriente , 2012)

Escala Mercalli modificada

La intensidad describe los efectos de la vibración o la extensión de los daños en un lugar o sitio específico. La intensidad en un sitio está determinada por la magnitud del sismo, la duración de la vibración, la distancia desde el sitio hasta el epicentro del sismo o la superficie de ruptura y las condiciones geológicas locales. La escala Mercalli tiene 12 valores de intensidad como se expone en la siguiente tabla, (Tabla 2). (Organización Panamericana de la Salud, 2003, pág. 13)

Tabla 2. *Escala de Mercalli modificada*

I	No se advierte sino por unas pocas personas y en condiciones de perceptibilidad especialmente favorable.
II	Se percibe solo por algunas personas en reposo, particularmente las ubicadas en los pisos superiores de los edificios.
III	Se percibe en los interiores de los edificios y casas.

IV	Los objetos colgantes oscilan visiblemente. La sensación percibida es semejante a la que produciría el paso de un vehículo pesado. Los automóviles detenidos se mecen.
V	La mayoría de las personas lo percibe aun en el exterior. Los líquidos oscilan dentro de sus recipientes y aún pueden derramarse. Los péndulos de los relojes alteran su ritmo o se detienen. Es posible estimar la dirección principalmente del movimiento sísmico.
VI	Lo perciben todas las personas. Se atemorizan y huyen hacia el exterior. Se siente inseguridad para caminar. Se quiebran los vidrios de las ventanas, la vajilla y los objetos frágiles. Los muebles se desplazan o se vuelcan. Se hace visible el movimiento de los árboles, o bien se les oye crujir.
VII	Los objetos colgantes se estremecen. Se experimenta dificultad para mantenerse en pie. Se producen daños de consideración en estructuras de albañilería mal construidas o mal proyectadas. Se dañan los muebles. Caen trozos de estucos, ladrillo, parapetos, cornisas y diversos elementos arquitectónicos. Se producen ondas en los lagos; el agua se enturbia.
VIII	Se hace difícil e inseguro el manejo de vehículos. Se producen daños de consideración y aun el derrumbe parcial en estructuras de albañilería bien construidas. Caen igualmente monumentos, columnas, torres y estanques elevados. Se quiebran las ramas de los árboles. Se producen cambios en las corrientes de agua y en la temperatura de vertientes y pozos.
IX	Se produce pánico general.
X	Se destruye gran parte de las estructuras de albañilería de toda especie. El agua de canales, ríos, etc., sale proyectada a las riberas.
XI	Muy pocas estructuras de albañilería quedan en pie. Los rieles de las vías férreas quedan fuertemente deformados. Las tuberías (cañerías subterráneas) quedan totalmente fuera de servicio.

XII	El daño es casi total. Se desplazan grandes masas de roca. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados.
-----	--

Fuente: (Rivadeneira, y otros, 2007, págs. 86,87)

2.2.2 Edificios sismorresistentes

Edificios sismorresistentes significa que debe resistir a los esfuerzos provocados por un sismo, lo cual afecta a toda edificación en zonas sísmicas y se define estrictamente a que cuando suceda un terremoto un edificio no colapse, sea cual sea su naturaleza. (Soluciones Estructurales y constructivas Online, 2016)

Una edificación es sismorresistente cuando se diseña y construye con una adecuada configuración estructurada, con componente de dimensiones apropiadas y materiales con una proporción y resistencia suficientes para soportar la acción de las fuerzas causadas por sismos frecuentes. Cuando se diseñe y construya una edificación cumpliendo con todos los requisitos que indican las normas de diseño y construcción sismorresistente, siempre existe la probabilidad de que se presente un terremoto aún más fuerte que los que han sido previstos y que deben ser resistidos por la edificación sin que ocurran daños. (Laboratorio de Procesado de imagen, 2015)

2.2.2.1 Comportamiento sismorresistente

Los sismos representan una de las sollicitaciones más extremas a la que una estructura va a estar sometida en su vida útil, sin que se sepa con precisión cuando actuarán, que dirección tendrá o cual será su magnitud y constituyen, por lo tanto, un serio problema para los analistas de estructuras. (Bozzo Chirichigno & Bozzo Rotondo, 2003, págs. 14,15)

La filosofía de las normas modernas de diseños sismorresistentes establece que una estructura debe estar capacitada para resistir, en el rango elástico, los sismos moderados que en su vida útil la pueden solicitar y en el rango inelástico. La resistencia inelástica que se busca dar las estructuras es función de su ductilidad, la cual es la capacidad de disipar cantidades significativas de energía por medio del comportamiento inelástico bajo deformaciones cíclicas de gran amplitud, sin

reducción significativa de la resistencia. (Bozzo Chirichigno & Bozzo Rotondo, 2003, págs. 14,15)

La respuesta sísmica de una construcción excitada por un terremoto es lógicamente función, por un lado, del movimiento del suelo, dependiente a su vez de las ondas incidentes, y por otro lado de algunas características de la construcción. A ello hay que añadir la interacción entre el suelo y la estructura y entre estas las estructuras continuas, factores que pueden alterar algo la respuesta estructural de los que se prescinde en los análisis sencillos. (Martín Martín , 2002)

2.2.2.2 Los efectos del sismo en las construcciones

El potencial destructivo de un sismo depende de las aceleraciones máximas que generan en el terreno, así como la duración y del contenido de frecuencias del movimiento. (Lugo Hubp & Inbar, 2002)

Unos de los factores más impactantes para explicar la distribución de daños en la ciudad está relacionado con el fenómeno de la resonancia. (Lugo Hubp & Inbar, 2002)

El fenómeno de resonancia puede reducirse y casi llegar a eliminarse si las construcciones vibran con movimiento muy amortiguado. El amortiguamiento puede ser proporcionado por las propias características de los materiales y elementos constructivos, por el abrirse y cerrarse de fisuras y grietas, o por un comportamiento de la estructura tal que llegar cerca de su máxima capacidad, esta sede, deformándose, pero sin perder resistencia. Tal propiedad se llama ductilidad en la terminología usual de la ingeniería. (Lugo Hubp & Inbar, 2002)

El movimiento ondulatorio del suelo se caracteriza por su duración, amplitud y contenido en frecuencias, especialmente por su periodo predominante. Se trata de un movimiento espacial con componentes sobre los tres planos coordenados que, como todo movimiento, puede ser representado por el desplazamiento, la velocidad o la aceleración. A efectos de cálculo sismorresistente interesa especialmente este último parámetro, cuya expresión gráfica la constituye el acelerograma. Por lado, entre los múltiples factores que caracterizan a las construcciones cabe destacar en relación a la respuesta sismoestructural su masa, su periodo propio de oscilación y

su capacidad para disipar energía mediante el amortiguamiento y, en caso de edificaciones sobre todo, la ductilidad. (Martín Martín , 2002)

En el caso de estructuras sometidas a la acción sísmica, este amortiguamiento está provocado por diferentes mecanismos tales como el rozamiento entre los diferentes elementos de la construcción, el efecto térmico y la apertura y cierre de micro grietas. Para el cálculo sismorresistente, el amortiguamiento se idealiza comúnmente mediante un mecanismo de embolo (amortiguamiento viscoso lineal) y se cuantifica experimentalmente, ya que no es posible hacerlo a partir de las dimensiones de la estructura. (Martín Martín , 2002)

2.2.2.3 Periodo del edificio

El periodo del edificio depende de la distribución de masas y rigideces. El periodo es el tiempo que tarda el edificio en desarrollar una oscilación completa, partiendo y llegando al mismo punto, se mide en segundos, un edificio posee tantos periodos como grados de libertad tiene (figura 7 y 8). A los efectos prácticos es importante el periodo fundamental, que se caracteriza porque todas las masas del edificio están siempre del mismo lado de la vertical y además es el periodo más largo. (Elicabe, y otros, 2014, pág. 9)

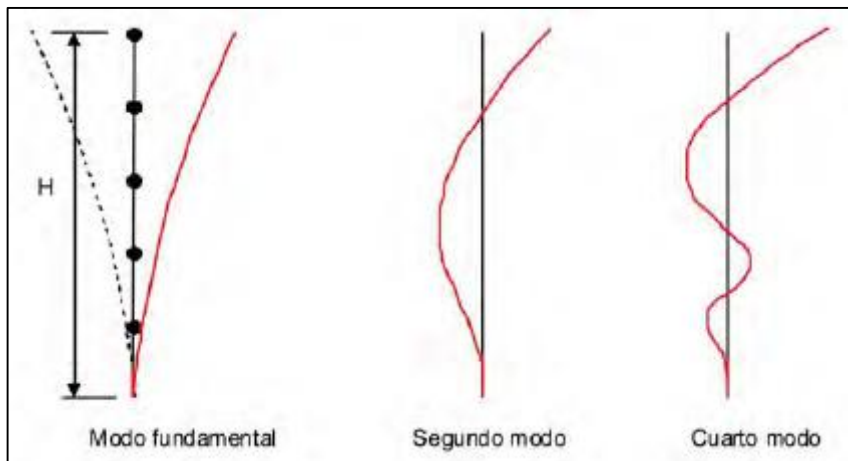


Figura 7. Modos de vibración
Fuente: (Elicabe, y otros, 2014, pág. 9)

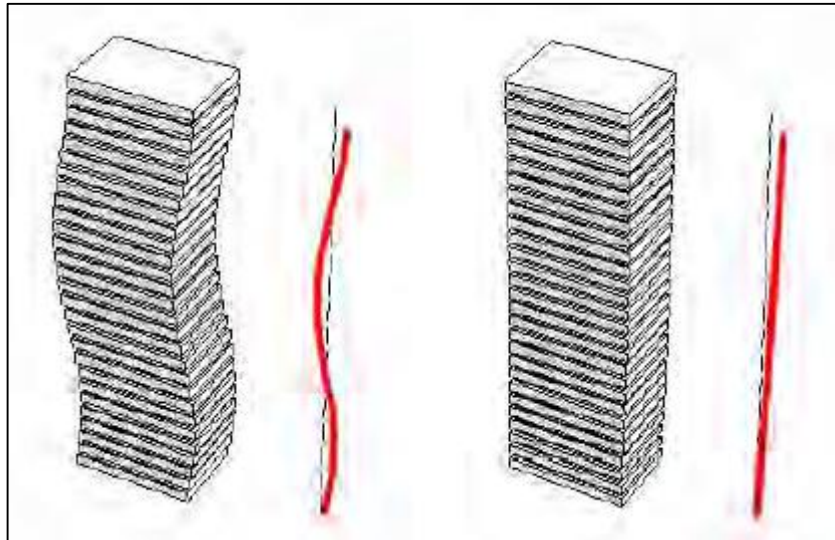


Figura 8. *Modos de vibración*
Fuente: (Elicabe, y otros, 2014, pág. 9)

El periodo aumenta con la altura del edificio y disminuye con el aumento de rigidez del mismo.

2.2.2.4 Efectos de amplificación a escala local

Durante terremotos pasados se ha observado daños graves en estructuras emplazadas en ciertos lugares más alejados del epicentro que otros. La comparación de registros sísmicos obtenidos en el mismo sitio, en el subsuelo y en la superficie, ha permitido observar diferencias en la magnitud, en el contenido de frecuencias y en la duración del movimiento registrado.

El efecto de las condiciones locales de suelo se toma en cuenta en los análisis de peligrosidad mediante varios peligros, cuya aplicación depende de los datos que se tengan y la importancia del problema. (Bozzo & Barbat, 2004, pág. 20)

2.2.2.5 Efecto de la torsión sobre el comportamiento sísmico de las estructuras

En general la respuesta torsional de una estructura sujeta a excitaciones sísmicas está provocada por las asimetrías estructurales. Este tipo de torsión tiene como causa la no coincidencia del centro de masa (CM) de una estructura con el centro de rigidez (CR) de la misma, hecho que ocurre en el caso de las estructuras sin simetría. (Barbat, 1983, pág. 246)

2.2.2.6 Diseño basado en el control del desplazamiento

Las propiedades estructurales que deben suministrarse a una estructura, independientemente del material estructural que se use, deben ser tales que controlen su respuesta dinámica dentro de umbrales que sean congruentes con el nivel de daño o desempeño deseado para sus elementos estructurales, elementos no estructurales y contenidos. (Terán Gilmore, 2010, pág. 5)

2.2.2.7 Componente vertical del sismo de diseño

Los efectos de la componente sísmica vertical inciden en los valores de las fuerzas y deformaciones de la estructura, especialmente en las fuerzas axiales sobre las columnas o muros. La aceleración vertical de movimiento sísmico puede ser tan intensa como la horizontal, o aún mayor si se está a pocos kilómetros de la fuente sísmica. Adicionalmente estas aceleraciones son amplificadas por la estructura. (López, 2014, pág. 87)

El efecto de la componente vertical (V) predican su intensidad a través de la componente horizontal (H), haciendo uso de las relaciones V/H en las aceleraciones, desplazamiento, velocidad máxima del terreno y/o espectrales; o tomando en cuenta su relación con otras variables como la magnitud, la distancia epicentral, la frecuencia o los periodos. (Vilera, 2008)

Una manera práctica de cuantificar los efectos de la componente vertical del sismo, es a través de un análisis estático, que incluye la amplificación de las aceleraciones en la estructura, aumentando y reduciendo las cargas permanentes sobre el edificio, para considerar los dos signos posibles (+, -) de la aceleración vertical. (López, 2014, pág. 87)

2.2.2.8 Corte basal y tipos de espectros de una estructura

Cortante basal

Fuerza total de diseño por cargas laterales, aplicada en la base de la estructura, resultado de la acción del sismo de diseño con o sin reducción, de acuerdo con las especificaciones de la presente norma. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015)

El cálculo del cortante basal permite determinar la fuerza lateral total como consecuencia de las fuerzas inercia que se induce a un sistema de N-Grados de libertad, distribuyéndole posteriormente a lo largo de las diferentes alturas de la estructura. El cortante basal se utiliza de una manera simplificada en el cálculo del parámetro, correspondiente a la resistencia convencional. (Mena Hernandez, 2002)

Tipos de espectros

Espectro de respuesta elástica: representan parámetros de respuesta máxima para un terremoto determinado y usualmente influyen varias curvas que consideran distintos factores de amortiguamiento. Se utiliza fundamentalmente para estudiar las características del terremoto y su efecto sobre las estructuras. Las curvas de los espectros de respuesta presentan variaciones bruscas, con numerosos picos y valles, que resultan de la complejidad del registro de la aceleración del terremoto. (Crisafulli & Villafañe, 2002)

Espectro de diseño: las construcciones no pueden diseñarse para resistir un terremoto en particular en una zona dada puesto que el próximo terremoto probablemente presentara características diferentes. Los espectros de diseño se obtienen generalmente mediante procedimientos estadísticos. Es un gráfico suavizado del nivel de fuerza o deformación como una función del periodo natural de vibración y el amortiguamiento, además este diseño es envolvente de dos o más los espectros de respuesta. (Crisafulli & Villafañe, 2002)

El espectro de diseño puede representarse mediante un espectro de respuesta basado en las condiciones geológicas, tectónicas, sismológicas y del tipo de suelo asociadas con el sitio de emplazamiento de la estructura. Es un espectro de tipo elástico para una fracción de amortiguamiento respecto al crítico del 5%, utilizado con fines de diseño para representar los efectos dinámicos del sismo de diseño. (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015)

2.2.2.9 Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades.

Centros de masa

El centro de masa es punto donde la resultante de las fuerzas gravitatorias ejercidas por todos los cuerpos del sistema se anula. Para el cálculo de los centros de masa

de cada nivel, se fijó el eje de un sistema de coordenadas ortogonal (X, Y) en la intersección entre pórticos A y 1.

Centros de rigidez

El centro de rigidez representa el centro geométrico de las rigideces de los elementos estructurales de un nivel y es el punto del entrepiso, en el cual al aplicar una fuerza cortante el nivel se traslada sin rotar con respecto al nivel inferior. (Velasquez & Fonten, 2015)

En estructuras de dos o más pisos, el centro de rigidez define el punto donde debe aplicarse la fuerza sísmica para que un nivel no rote con respecto al nivel inferior. (Velasquez & Fonten, 2015)

Centro de giro o excentricidades

El centro de giro de una estructura es el lugar geométrico donde ante una acción determinada solo existe rotación y no desplazamientos. (Velasquez & Fonten, 2015)

Centro de gravedad

Es el punto por donde pasa la resultante de todas las fuerzas producidas por la gravedad sobre todas sus partículas. Un cuerpo puede mantenerse en equilibrio sobre un punto situado encima o debajo del centro de gravedad, porque la resultante de un número cualquiera de fuerzas puede equilibrarse por una fuerza igual y opuesta. El centro de gravedad de un cuerpo, o cuerpos, puede definirse también diciendo que es el punto en que no hay tendencia a la rotación alrededor de ningún eje que pase por él. (Kidder & Parker , 1978)

2.2.2.10 Cargas que intervienen en los cimientos

Cargas muertas

Se refiere al peso real de la estructura completa, esta carga se puede calcular con toda exactitud cuando la estructura se proyecta adecuadamente, la parte del peso muerto que tiene que soportar cada elemento de la fundación se puede fijar definitivamente. El peso total de la carga muerta se hace efectivo desde el momento

que se termina la construcción y después permanece constante, a menos que se haga posteriormente adiciones o modificaciones. (Kidder & Parker , 1978)

Cargas vivas

Las cargas vivas o cargas producidas por la utilización del edificio, la carga vida de una estructura es la suma de las cargas sobre el tejado y los pisos. Cuando se proyectan el tejado y los pisos, el cálculo de la resistencia se basa sobre una carga unitaria adoptada que debe ser máxima compatible con el empleo que haya de darse a la estructura y a la cual puede estar sometida una parte cualquiera del tejado o el piso en algún momento. La carga viva que se adopta es por tanto mayor que la carga media sobre el área total del tejado o de los pisos. Por consiguiente, como no es probable que las condiciones que produzcan la carga máxima tengan lugar simultáneamente en el tejado y en todos los pisos, es probable que la carga máxima sobre los cimientos resulte menos que la suma de las cargas máximas sobre el tejado y sobretodo los pisos. (Kidder & Parker , 1978)

Datos para calcular las cargas vivas

Para calcular las cargas vivas máximas probables para distintos usos pueden ser útiles los datos que siguen:

Ajuares ordinarios y muebles en oficina. - se debe adoptar la carga máxima de 25 a 50 kg por m² del espacio ocupado.

Residencias, apartamentos y hoteles. - cuando no se celebra en ellos reuniones públicas, las cargas raramente pasan de 25 kg por m².

Tiendas de mayoreo y menudeo. – en estas tiendas las cargas en el piso para todo el edificio pueden no ser mayor que 125 kg por m². (Kidder & Parker , 1978)

2.2.3 Vulnerabilidad sismorresistente

La vulnerabilidad sísmica de una estructura, grupo de estructuras o de una zona urbana completa, se define como su predisposición intrínseca a sufrir daño ante la

ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño. (Barbat, 1983)

La sismorresistencia de la edificación esta aportada por un sistema de fusiles estructurales que a través de proporcionar una fuente estable para disipar energía, hacen posible controlar los niveles de daño en los sistemas gravitacional y no estructural. (Terán Gilmore, 2010)

Se debe tener en cuenta que la vulnerabilidad sísmica de una estructura es una propiedad intrínseca a la misma, y además, es independiente de la peligrosidad del lugar ya que se ha evidenciado en los sismos anteriores que edificaciones de un tipo estructural similar sufren daños diferentes, teniendo en cuenta que se encuentran en la misma zona sísmica. (Visconde Campos, 2017)

2.2.3.1 Vulnerabilidad de los edificios: estructural, no estructural y funcional

Aspectos estructurales

Se refiere a que tan susceptibles pueden ser afectados o daños los elementos de estructurales de una edificación frente a las fuerzas inducidas en ella y actuando en conjunto con las demás cargas habidas en dichas estructuras o edificaciones. Los elementos estructurales en aquellas partes que sostienen la estructura de una edificación, encargados de resistir y transmitir a la cimentación y luego al suelo; las fuerzas causadas por el peso del edificio y su contenido, así como las cargas que provocan los sismos. Entre estos elementos se encuentran columnas, vigas, diafragmas, mampostería, entre otros. (Visconde Campos, 2017)

La falla de uno de estos elementos puede generar serios problemas a la edificación, incluso su destrucción total. Estos elementos pueden tener características físicas diferentes, de acuerdo al tipo de material con que se encuentran constituidos – acero, madera, hormigón, adobe o tierra y mixtos-, por lo que su comportamiento también varía. (Organización Panamericana de la Salud, 2007, pág. 45)

Las afectaciones por fenómenos naturales se maximizan o minimizan, de acuerdo a las características del material, al tipo de edificación, su diseño estructural y su comportamiento. Cualquier sistema constructivo puede ser bueno, todo depende de si fue diseñado para las diversas exigencias, construido técnicamente y mantenido

adecuadamente; caso contrario, puede ser afectado ante un evento adverso. Muchas deficiencias estructurales no son detectables a la vista humana, antes de que ocurra un evento, por ello, es importante la evaluación de estos elementos con la participación directa de un especialista que identifique el tipo y nivel de vulnerabilidad o daño posible y las respectivas medidas de protección. (Organización Panamericana de la Salud, 2007)

Aspectos No estructurales

Organización Panamericana de la Salud (2007) define: El termino no estructural se refiere a aquellos componentes de un edificio que están unidos a las partes estructurales – tabiques, ventanas, techos, puertas, cerramientos, cielorrasos, etc. -, que cumplen funciones esenciales en el edificio – plomería, calefacción, aire acondicionado, conexiones eléctricas, etc. -, o que están dentro de las edificaciones – equipos médicos, equipos mecánicos, muebles, etc. -. (pág. 19)

Este tipo de vulnerabilidad no estructural busca determinar la susceptibilidad a daños que estos elementos pueden presentar. Sabemos que al ocurrir un sismo la estructura puede quedar inhabilitada debido a los daños no estructurales, sean por el colapso de equipos, elementos arquitectónicos, entre otros, mientras la estructura quede en pie, esto obligan a la paralización del servicio de una edificación. (Visconde Campos, 2017)

Es importante destacar que las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo inciden directamente en la vulnerabilidad de la edificación, que puede tornarse crítica en una situación de desastre y a veces puede incluso originarlo. Es frecuente verificar que las fallas en instalaciones sanitarias afectan otros elementos como muros y divisiones, conexiones eléctricas, techos, etc.; así mismo, instalaciones eléctricas en mal estado ocasionan incendios que ponen en riesgo a todo el servicio, incluyendo la vida de los usuarios; o casos de infecciones nosocomiales por mal funcionamiento de los elementos de ventilación. Por ello, se sugiere evaluar con detenimiento el estado, principalmente, de los servicios básicos y equipos, y contar con un plan que contemple acciones periódicas de manteniendo con un presupuesto asignado a este rubro. (Organización Panamericana de la Salud, 2007)

Organización Panamericana de la Salud (2007) detalla: “Componentes no estructurales a evaluar:” (pág. 19).

- **Servicios básicos:** también denominados líneas vitales, se refiere a los sistemas de agua, saneamiento, drenaje pluvial, instalaciones y sistemas eléctricos, comunicaciones, gases clínicos y sistemas contra incendios eléctricos, que son imprescindibles para el funcionamiento de un establecimiento, pues su interrupción en situaciones de desastres puede sacar de operación a esta entidad.
- **Equipamiento:** incluye equipo médico, industrial, de cómputo y de comunicaciones. En un contexto de desastre, estos equipos se requieren para la prestación de servicios de salud y la respuesta coordinada de la red de salud.
- **Elementos arquitectónicos:** incluyen puertas y ventanas, mobiliario, techos y cubiertas, cielorrasos y pisos, que facilitan la funcionalidad del establecimiento, pero que pueden ser afectados por diversos eventos adversos y poner en riesgo la salud de los usuarios.

Aspectos funcionales

El aspecto funcional de un edificio se considera como la capacidad que tiene el elemento para servir actuar ante un evento (en época de crisis) o para cumplir sus actividades cotidianas (en tiempo normal). (Arias & Rosales, 2014)

En este contexto, los aspectos de vulnerabilidad funcional u organizacional se refieren a la distribución y relación entre los espacios arquitectónicos con los servicios a los que está destinado los edificios, por ejemplo: la funcionalidad de un edificio de un hospital, así como a los procesos administrativos, entre otros. Una adecuada zonificación y relación entre las áreas que componen el establecimiento puede garantizar no solo un adecuado funcionamiento en condiciones de normalidad, sino también en caso de emergencias y desastres. (Organización Panamericana de la Salud, 2007, pág. 9)

En el caso del edificio administrativo como objeto de estudio, es una edificación que está ocupada por trabajadores y además es visitada continuamente. Es importante identificar en base a lo expuesto anteriormente las características sismorresistentes del edificio conforme a la Norma Ecuatoriana de Construcción

(NEC-2015) que rigen en el Ecuador, donde se describe todos los aspectos como las cargas sísmicas, combinación de fuerzas, entre otras. Tomando en cuenta que un edificio está susceptible a la vulnerabilidad estructural, no estructural y funcional aspectos que son de mayor importancia y para que un edificio resista un sismo ya sea de mayor o menor magnitud a la calculada para que soporte, permitiendo verificar si el edificio cumple con lo que estipula la ley por la importancia que tiene.

2.2.3.2 Características estructurales que afectan la respuesta sísmica

“Las principales características estructurales que afectan la respuesta de un edificio sometido a cargas sísmicas moderadas (aquellas en las que el comportamiento es elástico y no se presenta daño en las estructuras) son:

- a) El periodo fundamental de vibración
- b) El amortiguamiento

El periodo fundamental de vibración de una estructura T es el tiempo que la estructura toma para completar un ciclo completo de vibración”. (Miranda, 1999, pág. 46)

2.2.3.3 Tipos de suelo

Las fuerzas sísmicas, que se originan en los entrepisos de la construcción (donde se suponen concentradas las masas), son fuerzas de inercia.

El suelo se mueve y el edificio, por la ley de inercia, tiende a permanecer en su ubicación inicial, pero sus distintos niveles se ven obligados a moverse ya que el terreno se ha movido. Por lo tanto se originan fuerzas de inercia que son proporcionales a la masa del nivel y su aceleración. (Elicabe, y otros, 2014, pág. 8)

El movimiento oscilatorio del edificio depende de sus características dinámicas (distribución de masas y de rigideces), y se caracteriza por el periodo de esa oscilación. Las ondas sísmicas viajan por el suelo con una cierta longitud de onda y frecuencia que depende del tipo de suelo. (Elicabe, y otros, 2014, pág. 8)

Cuando la frecuencia (o su inversa el periodo) del edificio es similar a la de las ondas se produce la máxima respuesta, es decir el edificio sufre más. Por esta razón

el daño depende de la calidad y el tipo de suelo en la que está construido el edificio. (Elicabe, y otros, 2014, pág. 9)

Siendo que las obras de construcción asientan por sus bases en el suelo, es incuestionable que este último debe ser de una naturaleza tal que consienta el peso de las obras sin ceder, lo que equivale a decir que el suelo tiene que ser capaz de resistir las cargas transmitidas por las construcciones sin hundirse.

La condición precedente se cumplirá cuando las cargas mencionadas sean de un Valor igual o menor a los pesos que el terreno puede soportar sin ser penetrados o hendidos por objetos o construcciones de la cual provienen aquella. Por su parte los suelos, debido a su composición y compactación pueden soportar cargas diferentes de mayor intensidad. (Borrout, 1978)

La composición como del termino se deduce, se refiere a las sustancias que forma su masa y en la proporción en que están contenidos cada una; la compactación a su vez expresa el grado de apelmazamiento o apretamiento que tienen las sustancias componentes; la composición determina que unos suelos resistan más cargas por cm^2 que otros; la capacidad de resistencia de los terrenos está dada en cm^2 y la unidad de carga comúnmente utilizada en construcciones es la de kg, es decir entonces los suelos se clasifican para resistir en (kg/cm^2). (Borrout, 1978)

Los valores de dicha resistencia se conocen para distintos tipos de terrenos, algunos de los cuales (los más comunes) insertamos a continuación:

Tabla 3: Resistencia según los tipos de suelos

Tipo de suelo	Resistencia
Tierra vegetal naturalmente húmeda	1,0 - kg/cm^2
Tierra vegetal muy húmeda	0,5 - kg/cm^2
Tierra vegetal naturalmente húmeda mezclada con arena	1,5 - kg/cm^2
Tierra vegetal mezclada con arcilla seca	4,0 - kg/cm^2
Terreno de relleno (tierra vegetal, arena y cascotes) apisonado.	2,0 - kg/cm^2

Barro y fango	0 - kg./cm ²
Arcilla seca	6,0 - kg./cm ²
Arcilla muy húmeda	0 - kg./cm ²
Tierra greda p/compacta	1,5 - kg./cm ²
Tierra greda compacta	2,5 - kg./cm ²
Arena fina sin compactar	2,0 - kg./cm ²
Arena fina compactada	5,0 - kg./cm ²
Arena mediana compactada	7,0 - kg./cm ²
Tosca compactada	5,5 - kg./cm ²
Tosca dura	9,0 - kg./cm ²

Fuente: (Borrut, 1978)

2.2.3.4 Interacción dinámica suelo-estructura

Se conoce como la interacción suelo-estructura a la modificación del movimiento de terreno (en la base de la estructura) provocado por la presencia de la estructura. Existe una mayor interacción en la medida en la que el movimiento en la base de la estructura se ve más modificado por la presencia de la estructura. (Miranda, 1996, pág. 103)

Factores que afectan la interacción dinámica suelo-estructura se pueden clasificar en:

- 1) Características de la superestructura
- 2) Características de la cimentación
- 3) Características del suelo
- 4) Características del movimiento del suelo

De modo que la respuesta sísmica de una estructura puede aumentar o disminuir como resultado de la interacción suelo-estructura.

2.2.3.5 Zonas sísmicas y curvas de peligro sísmico

Zonas sísmicas. - las zonas sísmicas son aquellas que presentan un mayor riesgo de sufrir temblores de tierra. (Montano, 2017)

Se trata de las áreas con más actividad de la corteza terrestre. Por estos son muy frecuentes los terremotos, aunque la mayoría son de una intensidad tan baja que no se llega a notarse en la superficie ni, mucho menos, por los habitantes de las mismas. (Montano, 2017)

Estas zonas de riesgo alto son las que están en lugares en donde se encuentran diferentes placas tectónicas que chocan, o simplemente se rozan, provocando los temblores. (Montano, 2017)

Curvas de peligro sísmico. – la peligrosidad sísmica a escala local se define como la variación de la señal sísmica entre dos puntos debido a la geología del terreno, caracterizado por su geometría y sus propiedades dinámicas (velocidades de las ondas P y S, densidad, amortiguamiento, etc.). (Goded Millán, 2010)

La influencia de las condiciones locales del suelo, en especial la geología superficial y la topografía, pueden ser muy importante a la hora de estudiar el movimiento del suelo en un emplazamiento. (Goded Millán, 2010)

2.3 MARCO LEGAL

2.3.1 Norma Ecuatoriana de Construcción

A partir del decreto ejecutivo No. 705 del 24 de marzo del 2011, el MIDUVI preside el comité Ejecutivo de la NEC, en el cual participan una serie de instituciones sociales comprometidas en el control, seguimiento y construcción de inmuebles seguros y de calidad. Estas normas Ecuatorianas de Construcción expedida mediante acuerdo Ministerial Nro. 0028, el 19 de agosto del 2014 y su actualización mediante Acuerdo ministerial Nro. 0047 el 15 de diciembre del 2014, por ello para la realización del presente estudio de caso, nos guiaremos en lo descrito por esta norma (NEC-2015), que describe todos los parámetros que se debe cumplir en una construcción.

2.3.2 Marco de Sendai para la reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030

Resultado previsto y objetivo

d) Reducir considerablemente los daños causados por los desastres en las infraestructuras vitales y la interrupción de los servicios básicos, como las instalaciones de salud y educativas, incluso desarrollando su resiliencia para 2030. (Naciones Unidas, 2015, pág. 12)

Prioridad 3: Invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia

h) Alentar la revisión de los códigos y normas de edificación y las prácticas de rehabilitación y reconstrucción existentes, o el desarrollo de nuevos códigos, normas y prácticas, a nivel nacional o local, como corresponda, con el objetivo de facilitar su aplicación en el contexto local, en particular en los asentamientos humanos informales y marginales, y reforzar la capacidad para implementar, supervisar y hacer cumplir esos códigos, mediante un enfoque adecuado, con miras a promover estructuras resistentes a los desastres. (Naciones Unidas, 2015, pág. 19)

2.3.3 Constitución de la República del Ecuador

Artículo. 389.- “El estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frene a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la

recuperación y el mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad. (Asamblea Nacional, 2008)

El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgo está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. El Estado ejercerá rectoría a través del organismo técnico establecido en la ley. Tendrá como funciones principales, entre otras: (Asamblea Nacional, 2008)

1. Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afecten al territorio ecuatoriano.
2. Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.
3. Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, y en forma transversal, la gestión de riesgo en su planificación y gestión.
4. Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción, informar sobre ellos, e incorporar acciones tendientes a reducirlos.
5. Articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre.
6. Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.
7. Garantizar financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión de riesgo”.

Artículo. 390.- “Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicara la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean

insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindaran el apoyo necesario con respecto a su autoridad en el territorio y sin revelarlos de su responsabilidad” (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

2.3.4 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización

Artículo. 54: o) “Regular y controlar las construcciones en la circunscripción cantonal, con especial atención a las normas de control y prevención de riesgos y desastres” (Ministerio de Coordinación de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados, 2010).

Artículo 57: w) “Expedir la ordenanza de construcción que comprenda las especificaciones y normas técnicas y legales por las cuales deban regirse en el cantón la construcción, reparación, transformación y demolición de edificios y de sus instalaciones”. (Ministerio de Coordinación de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados, 2010)

Artículo. 140.- “Ejercicio de la competencia de gestión de riesgos. - La gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia, para enfrentar todas las amenazas de origen natural o antrópico que afecten al territorio se gestionaran de manera concurrente y de forma articulada por todos los niveles de gobierno de acuerdo con las políticas y los planes emitidos por el organismo nacional responsable, de acuerdo con la constitución y la ley. (Ministerio de Coordinación de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados, 2010)

Los gobiernos autónomos descentralizados municipales adoptaran obligatoriamente normas técnicas para la prevención y gestión de riesgos en sus territorios con el propósito de proteger las personas, colectividades y la naturaleza, en sus procesos de ordenamiento territorial.

Para el caso de riesgos sísmicos los Municipios expedirán ordenanzas que reglamenten la aplicación de normas de construcción y prevención”.

2.3.5 Ley de Seguridad Pública y del Estado

Artículo 4. De los principios de la seguridad pública y del estado.

a) Integralidad. - La seguridad pública será integral para todos los habitantes del Ecuador, comunidades, pueblos, nacionalidades, colectivos, para la sociedad en su conjunto, las instituciones públicas y privadas, y comprende acciones conjugadas de prevención, protección, defensa y sanción. Así, se prevendrá los riesgos y amenazas que atenten contra la convivencia y seguridad ciudadanas, se defenderá la soberanía u la integridad territorial; se sancionaran las acciones y omisiones que atenten a la seguridad pública y del Estado. (Asamblea Nacional, 2009)

2.3.6 Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas

Artículo 64.- Preeminencia de la producción nacional e incorporación de enfoques ambientales y de gestión de riesgos.- En el diseño e implementación de los programas y proyectos de inversión pública, se promoverá la incorporación de acciones favorables al ecosistema, mitigación, adaptación al cambio climático y a la gestión de vulnerabilidades y riesgos antrópicos y naturales. (Asamblea Nacional, 2010)

2.3.7 Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y gestión de Suelo

Artículo 8.- Derecho a edificar. El derecho a edificar es de carácter público y consiste en la capacidad de utilizar y construir en un suelo determinado de acuerdo a las normas urbanísticas y de edificabilidad asignada por el Gobierno Autónomo Descentralizado municipal o metropolitano. (Asamblea Nacional, 2016)

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

El nivel de investigación del presente estudio de caso fue descriptivo con un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo), ya que busca especificar las propiedades y las características estructurales para la determinación de su comportamiento ante un probable evento sísmico. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refiere. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Bptista Lucio, 2010, pág. 80)

3.2 DISEÑO

El presente estudio de caso se basa en el diseño no experimental ya que no se utiliza ni se manipulan variables, se observa situaciones ya existentes como planos arquitectónicos del edificio, estudio de suelos, resultados de la justificación de la acción sísmica obtenidos del Software CYPECAD, etc., por ende para el cumplimiento de los tres objetivos específicos se contrastaran la información antes mencionada con la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC-15), ya que es la única norma que está vigente en el Ecuador la misma que regula las construcciones a nivel nacional, a través de las diferentes descripciones en esta norma nos permitirá verificar si el edificio es realmente sismoresistente. En relación a la información obtenida de su periodo de construcción para su verificación respectiva.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la realización del presente estudio de caso la técnica utilizada corresponde a:

- Verificación de los parámetros de construcción aplicados en el edificio de acuerdo a los planos existentes (Arquitectónicos), estudio de suelo, observación directa; para corroborar dicha información con la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-2015.
- Análisis de los documentos proporcionados por el Arq. Manuel García Director del Departamento de Planificación.

Para la realización del presente estudio de caso el instrumento utilizado corresponde a:

- Para el cumplimiento del primer objetivo se utilizó la información existente como el estudio de suelo realizado por Ing. Lorena Pérez Maldonado, el estudio de la metodología para la microzonificación sísmica de la ciudad de Guaranda realizado por Ing. Abelardo Paucar Camacho y la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-15.
- Para el cumplimiento del segundo y tercer objetivo se utilizó la información referente a la Justificación de la acción sísmica generada a partir de la modelación realizada por los autores Andrade Paul y Escobar Michaelle en el software CYPECAD.

3.4 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Para el cumplimiento del primer objetivo; **Determinar la condición del suelo y las zonas sísmicas con sus curvas de peligro sísmico:**

Para la determinación de la condición del suelo se verifico con el estudio de suelo realizado por la Ing. Lorena Pérez Maldonado en Agosto del 2018 en comparación con lo establecido en la NEC-2015.

Las zonas sísmicas y las curvas de peligro sísmico se obtuvieron de la NEC-2015 y del estudio de la metodología para la microzonificación sísmica de la ciudad de Guaranda realizado por el Ing. Abelardo Paucar Camacho año 2011, lo cual nos permite sistematizar el objeto de estudio.

Para el cumplimiento del segundo; **Describir los Espectros de cálculo; Coeficientes de participación; Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta del edificio** y el tercer objetivo; **Interpretar la Corrección por cortante basal y la Cortante sísmico combinado por planta:**

Se utilizó la información referente a la Justificación de la acción sísmica generada a partir de la modelación del edificio por los autores Andrade Paul y Escobar Michaelle en el software CYPECAD y respectivo análisis de cada uno de los parámetros según la Norma Ecuatoriana de construcción NEC-2015.

CAPITULO IV: RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

4.1 RESULTADO DEL OBJETIVO 1

4.1.1 Determinación de la condición del suelo y las zonas sísmicas con sus curvas de peligro sísmico del contexto local en el cual está construido el edificio administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar.

4.1.1.1 Condición del suelo

De acuerdo al estudio de suelo realizado por la Ing. Lorena Pérez Maldonado Agosto del 2018, el suelo de acuerdo a la clasificación que se encuentra en la NEC-15, nos indica que pertenece a un suelo tipo E.

Determina que es un suelo orgánico con un espesor variable de 30 cm seguido de arena con limos no plásticos de color café, de formas sobresondeadas y con estructura granular. En relación a la graduación y plasticidad de los suelos describe la mezcla de arenas con limos no plásticos. Suelos de densidades bajas y permeables en la profundidad de cimentación. El suelo en general está con una humedad alta y los valores varían de 18,42 % a 32,15%

Este tipo de suelo es el producto de la meteorización de las rocas por alteración química y orgánica; son las partículas más abundantes de grano muy fino, microscópico y submicroscópico, cuyo tamaño está comprendido entre aquellas partículas menores 0,002 mm. Son denominadas las más plásticas cuando poseen un alto contenido de humedad (Borreno, 1999).

En gran parte de las propiedades de las arcillas pueden ser atribuidas a sus propiedades coloidales, puesto que los fragmentos solidos que constituyen las arcillas están en estado disperso por la acción de las cargas eléctricas. Además, suele hincharse al ser humedecida y se retrae y agrieta al secarse. Las partículas de arcilla tienen capacidad de agregación y no se comportan como granos individuales en el suelo.

La velocidad de onda cortante de acuerdo al perfil de suelo, es $< 180 \text{ m/s}^2$, es decir la velocidad de la onda sísmica viaja más lento, pero incrementando su amplitud

razón por la cual la estructura situada sobre este tipo de suelo está sujeto a más tiempo de vibración y más amplitud, y por ende está expuesto a más riesgo.

4.1.1.2 Zonas sísmicas

Tabla 4. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

POBLACIÓN	PARROQUIA	CANTÓN	PROVINCIA	Z
Guaranda	Guaranda	Guaranda	Bolívar	0,35

Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015)

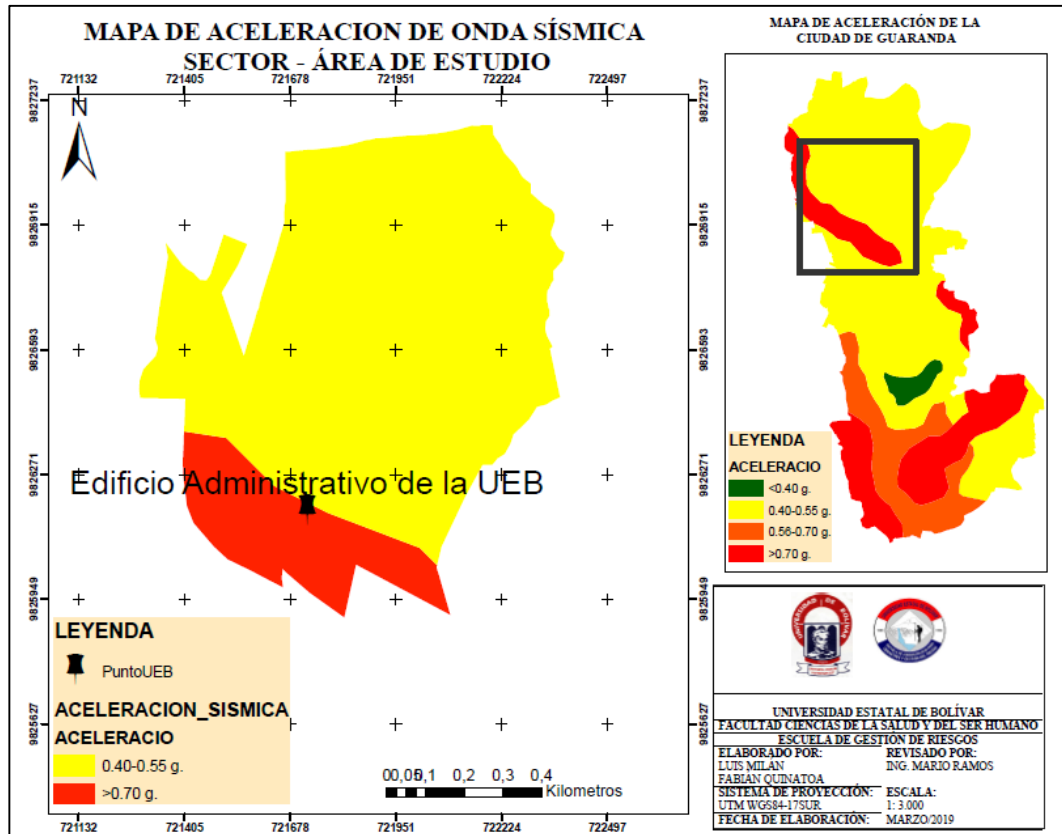
Las zonas sísmicas que se establecen en la NEC-15, (Tabla 3) para la provincia Bolívar corresponde a la zona sísmica IV con una aceleración de 0,35 g, caracterizado con un peligro sísmico alto (ver anexo 11).

Tabla 5. Valores del factor Z

Cantón	Ciudad	Sector	Valor Z inicio	Valor Z fin
Guaranda	Guaranda	Alpachaca (UEB)	0,33 g	0,88 g

Fuente: (Paucar Camacho, 2011)

Para el área de estudio (sector Universidad de Bolívar) la aceleración inicia con valor de 0,33 g y termina con una aceleración de 0,88 g (Tabla 5 y Mapa 2), esto de acuerdo a la NEC-15 se ubica en las zonas sísmicas desde III hasta VI, llegando a ser considerado el peligro sísmico que va desde alto hasta muy alto. Todo aquello debido las características y propiedades del tipo de suelo existente.



Mapa 2: Mapa de aceleración de onda sísmica sector - área de estudio
Fuente: GAD Guaranda, 2011b. UEB, 2013. Yépez, 2013. Carrillo, 2013. Base de datos del mapa de amenaza sísmica del área urbana de Guaranda, 2016. Elaborado por: Milán & Quinatoa, 2019.

4.1.1.3 Curvas de peligro sísmico, Guaranda.

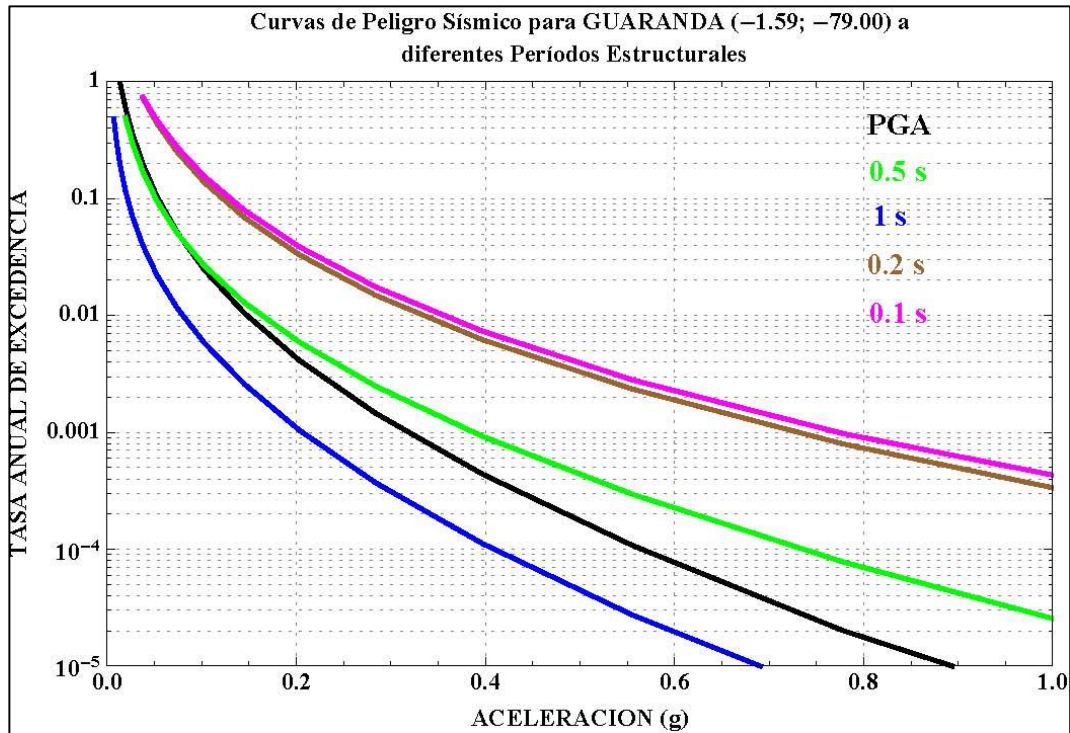


Figura 9. Curvas de peligro sísmico, Guaranda
Fuente: (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015)

Este gráfico representa las curvas de peligro sísmico, donde reflejan la probabilidad de aceleración que puede ocurrir en Guaranda esto debido a sismos cercanos o lejanos, los mismos producidos por fallas de subducción o fallas corticales cerca de Guaranda. Estos valores son en roca, dependiendo el tipo de suelo donde se aplique.

4.2 RESULTADO DEL OBJETIVO 2

4.2.1 Descripción los Espectros de cálculo; Coeficientes de participación; Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta del edificio administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar.

4.2.1.1 Espectros de cálculo

- **Espectro elástico de aceleraciones**

El espectro elástico de aceleraciones muestra la aceleración máxima de la vibración de la estructura. Representan parámetros de respuesta máxima para un determinado terremoto y normalmente usan varias curvas que consideran distintos factores de amortiguamiento. Este espectro depende fundamentalmente de dos factores: la aceleración de la vibración a la que se somete la base y el periodo de oscilación de la estructura.

Ecuación para el cálculo del espectro elástico de aceleraciones

$$S_{ae} = \eta \cdot Z \cdot F_a \cdot I$$

Dónde:

Z: Factor de zona (ver anexo 1)	$Z = 0,35$
η: Relación de la amplificación espectral (ver anexo 2)	$\eta = 2,48$
F_a: Factor de sitio (ver anexo 3)	$F_a = 1,10$
F_d: Factor de sitio (ver anexo 4)	$F_d = 1,65$
F_s: Factor de sitio (ver anexo 5)	$F_s = 1,80$
I: Factor de importancia (ver anexo 6)	$I = 1,30$

r: Exponente que define la rama descendente del espectro (ver anexo 7) $r = 1,50$

T_c: Periodo límite superior de la rama de aceleración constante del espectro

$$T_c = 0,55 \times F_s \times \frac{F_d}{F_a} \quad T_c = 0,55 \times 1,80 \times \frac{1,65}{1,10} \quad T_c = 1,485 = 1,49$$

Calculo del espectro elástico de aceleraciones para el edificio Administrativo de la U.E.B.

$$S_{ae} = \eta \cdot Z \cdot F_a \cdot I$$

$$S_{ae} = 2.48 \times 0,35 \times 1,10 \times 1.30$$

$$S_{ae} = 1,241$$

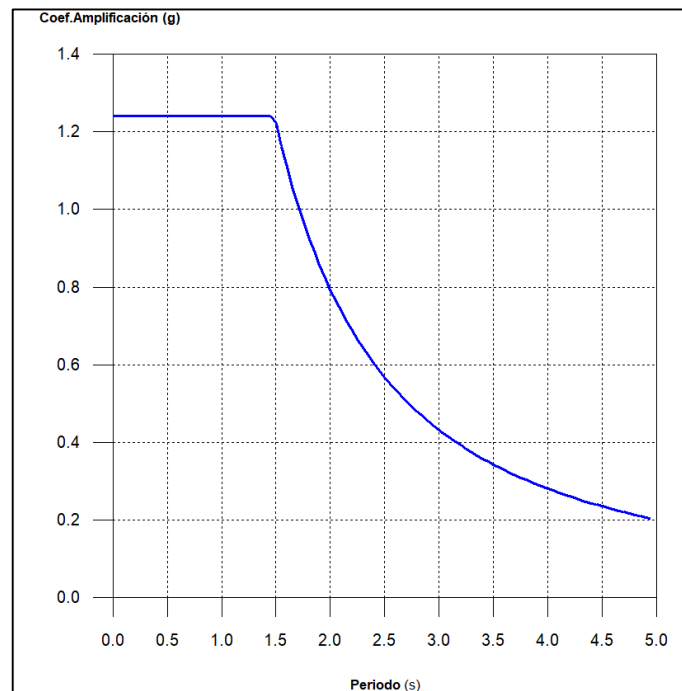


Gráfico 4: Espectro elástico de aceleraciones del edificio
Fuente: CYPECAD (Lic. 131454)

Descripción. - El valor máximo de las ordenadas espectrales es 1.241 g. dentro de periodo de tiempo correspondido entre 0.0 a 1.5, tiempo donde la estructura muestra la aceleración máxima de la vibración. Luego se puede observar que considerablemente desciende el coeficiente de amplificación desde 1.5 segundos en adelante.

- **Espectro de diseño de aceleraciones**

El espectro de diseño puede representarse mediante un espectro de respuestas basado en las condiciones geológicas, tectónicas, sismológicas y del tipo de suelo asociadas con el sitio de emplazamiento de la estructura.

El diseño de las construcciones sismorresistentes se realiza a partir de espectro suavizado “sin variaciones bruscas” y que consideran el efecto de varios terremotos,

es decir representan una envolvente de los espectros de respuesta de los terremotos típicos de una zona.

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente ($R \cdot \Phi_P \cdot \Phi_E$) correspondiente a cada dirección de análisis.

Ecuación para el cálculo del espectro de diseño de aceleraciones

$$S_a = \frac{S_{ae}}{R \cdot \Phi_P \cdot \Phi_E}$$

Dónde:

R_X : Factor de reducción (X) (ver anexo 8) R_X : 8,00

R_Y : Factor de reducción (Y) (ver anexo 8) R_Y : 8,00

Φ_P : Coeficiente de regularidad en planta (ver anexo 9) Φ_P : 0,90

Φ_E : Coeficiente de regularidad en elevación (ver anexo 10) Φ_E : 0,90

Calculo del espectro de diseño de aceleraciones para el edificio Administrativo de la U.E.B.

Espectro de diseño según X

$$S_a = \frac{S_{ae}}{R \cdot \Phi_P \cdot \Phi_E} \quad S_a = \frac{1,241}{8,00 \times 0,90 \times 0,90} \quad S_a = 0,192 \text{ g}$$

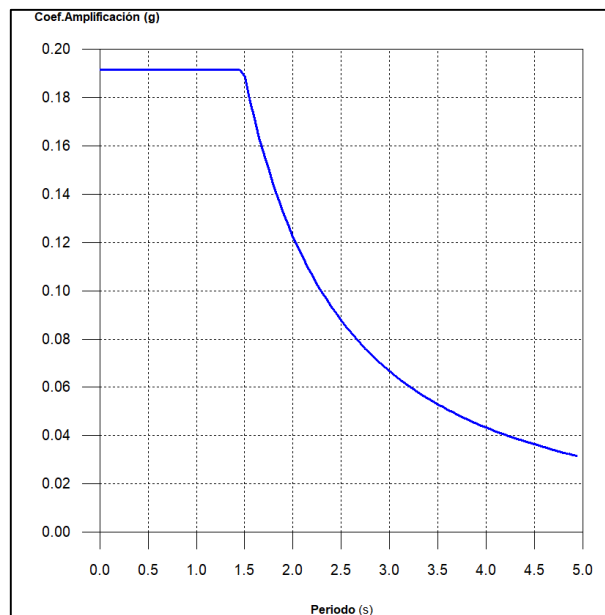


Gráfico 5: Espectro de diseño de aceleraciones según X

Fuente: CYPECAD (Lic. 131454)

Descripción. - El coeficiente de amplificación para el espectro de diseño de aceleraciones en el sentido X es de 0.192 g dentro del periodo de 0.0 a 1.5 segundos, tiempo donde la estructura recibe más vibración en la dirección X. Luego desciende en un modo suavizado a partir de 1.5 segundos.

Espectro de diseño según Y

$$S_a = \frac{S_{ae}}{R \cdot \Phi_P \cdot \Phi_E} \quad S_a = \frac{1,241}{8,00 \times 0,90 \times 0,90} \quad S_a = 0,192 \text{ g}$$

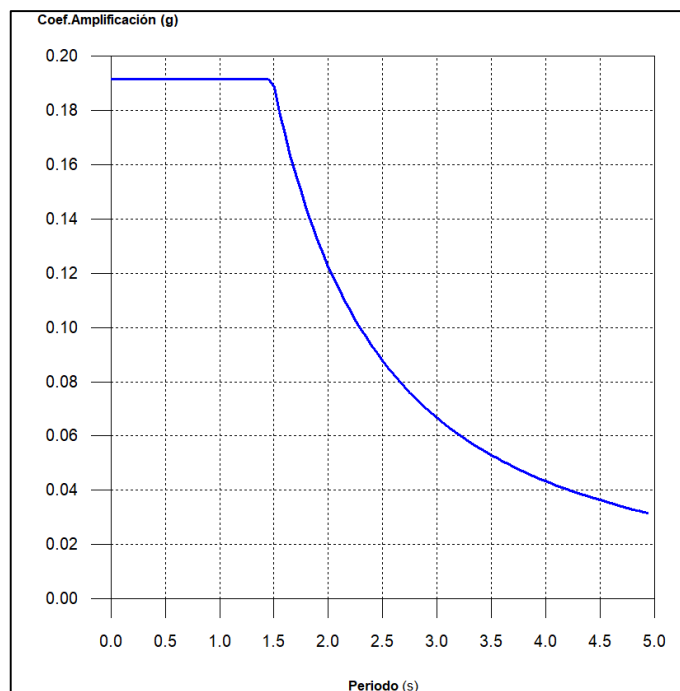


Gráfico 6: Espectro de diseño de aceleraciones según Y
Fuente: CYPECAD (Lic. 131454)

El coeficiente de amplificación para el espectro de diseño de aceleraciones en el sentido Y es de 0.192 g dentro del periodo de 0.0 a 1.5 segundos, tiempo donde la estructura recibe más vibración en la dirección Y. Luego desciende en un modo suavizado a partir de 1.5 segundos.

4.2.1.2 Coeficientes de participación

Según la NEC 2015, sección 6.2.2.e, el número de modos de vibración que se deben considerar en el análisis son:

- todos los modos de vibración que contribuyan significativamente a la respuesta total de la estructura, mediante los varios períodos de vibración,
- todos los modos que involucren la participación de una masa modal acumulada de al menos el 90% de la masa total de la estructura, en cada una de las direcciones horizontales principales consideradas.

Tabla 6: Modos de vibración, periodo y coeficientes de participación modal

Modo	T	L _x	L _y	L _{gz}	M _x	M _y	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.736	0.0528	0.053	0.9972	23.51 %	23.78 %	R = 6.48 A = 1.879 m/s ² D = 25.818 mm	R = 6.48 A = 1.879 m/s ² D = 25.818 mm
Modo 2	0.621	0.1807	0.0885	0.9795	60.21 %	14.46 %	R = 6.48 A = 1.879 m/s ² D = 18.327 mm	R = 6.48 A = 1.879 m/s ² D = 18.327 mm
Modo 3	0.503	0.0111	0.0817	0.9966	0.88 %	47.96 %	R = 6.48 A = 1.879 m/s ² D = 12.0505 mm	R = 6.48 A = 1.879 m/s ² D = 12.0505 mm
Modo 4	0.231	0.042	0.0664	0.9969	1.42 %	3.55 %	R = 6.48 A = 1.879 m/s ² D = 2.53226 mm	R = 6.48 A = 1.879 m/s ² D = 2.53226 mm
Modo 5	0.178	0.4518	0.2531	0.8554	9.94 %	3.12 %	R = 6.48 A = 1.879 m/s ² D = 1.51052 mm	R = 6.48 A = 1.879 m/s ² D = 1.51052 mm
Total					95.96 %	92.87 %		

Fuente: CYPECAD (Lic. 131454)

Descripción. - En los cinco modos de vibración no cumple con la normativa debido a que los valores de L_x, L_y están por debajo del valor mínimo que es 0,90. El valor L_{gz} nos indica el coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional, los valores nos indican que todos los modos presentan torsión, lo ideal sería que el primer y segundo modo los valores deben estar lejos de 1. También se puede observar la torsión en el software de manera visual, esto se puede regular con la incrementación de secciones en determinados elementos estructurales y/o la incorporación de muros de corte los cuales le den estabilidad en la estructura.

Dónde:

T: Periodo de vibración en segundos.

L_x, L_y: Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

L_{gz}: Coeficiente de participación normalizado correspondiente al grado de libertad rotacional.

M_x, M_y: Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

D: Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

Representación de los periodos modales

Espectro de diseño según X

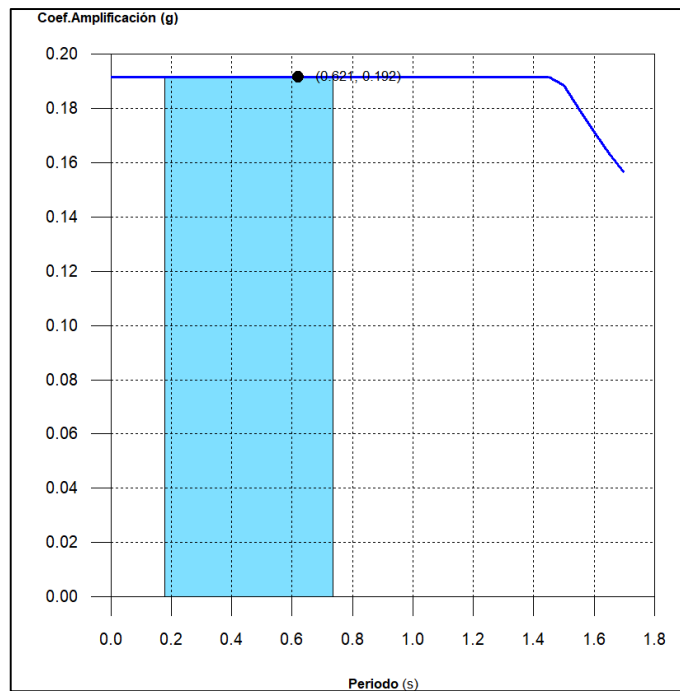


Gráfico 7: Espectro de diseño según X
Fuente: CYPECAD (Lic. 131454)

Descripción. - Se presenta el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30 % de la masa. De acuerdo al (Gráfico 7) nos indica que en el modo 2 se desplaza el 60.21 % de la masa según el sentido X en un periodo de vibración de 0,621 segundos conforme al coeficiente de amplificación de 0,19 g. respecto al espectro de diseño.

Espectro de diseño según Y

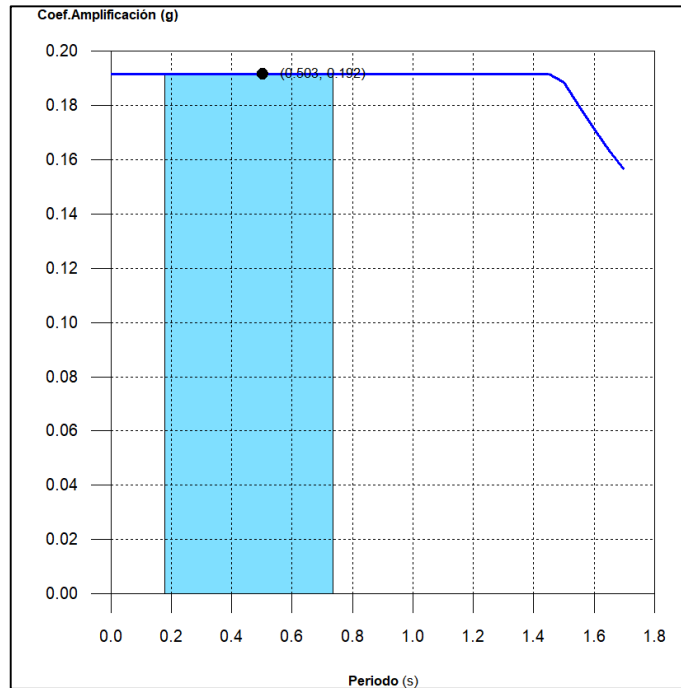


Gráfico 8: *Espectro de diseño según Y*
Fuente: CYPECAD (Lic. 131454)

Descripción. - Se presenta el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30 % de la masa. De acuerdo al (Gráfico 8) nos indica que en el modo 3 se desplaza el 47.96 % de la masa según el sentido Y en un periodo de vibración de 0,503 segundos conforme al coeficiente de amplificación de 0,192 g. respecto al espectro de diseño.

4.2.1.3 Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta

La masa de cada nivel debe considerarse como concentrada en el centro de masas del piso, pero desplazada de una distancia igual al 5% de la máxima dimensión del edificio en ese piso, perpendicular a la dirección de aplicación de las fuerzas laterales bajo consideración, con el fin de tomar en cuenta los posibles efectos de torsión accidental, tanto para estructuras regulares como para estructuras irregulares. El efecto de este desplazamiento debe incluirse en la distribución del cortante de piso y en los momentos torsionales. (NEC-2015, sección 6.3.6)

Tabla 7: Centro de masas, centro de rigidez y excentricidades de cada planta

Planta	c.d.m. (m)	c.d.r. (m)	e _x (m)	e _y (m)
N.+10.92m	(15.37, 8.36)	(11.55, 7.75)	3.82	0.61
N.+8.04m	(18.15, 13.57)	(12.01, 8.31)	6.14	5.26
N.+5.16m	(18.59, 13.25)	(12.80, 8.77)	5.78	4.48
N.+2.28m	(10.23, 5.97)	(9.78, 6.24)	0.45	-0.26

Fuente: CYPECAD (Lic. 131454)

Dónde:

c.d.m.: Coordenadas del centro de masas de la planta (X,Y)

c.d.r.: Coordenadas del centro de rigidez de la planta (X,Y)

e_X: Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (X)

e_Y: Excentricidad del centro de masas respecto al centro de rigidez (Y)

Representación gráfica del centro de masas y del centro de rigidez por planta

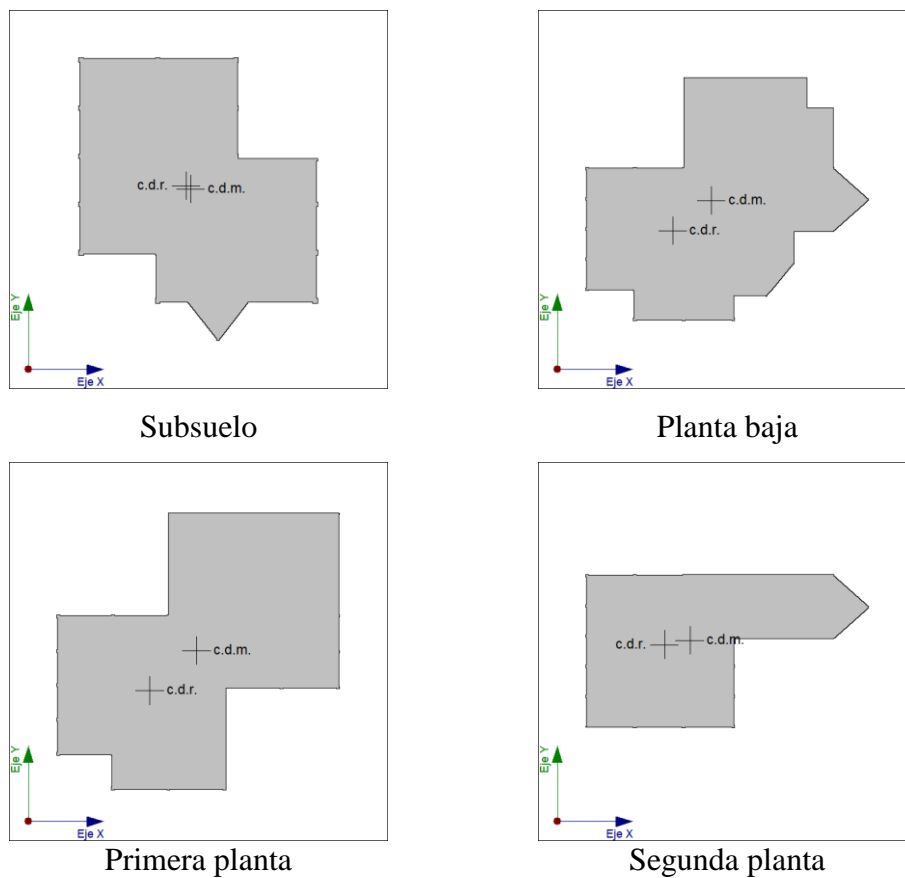


Gráfico 9: Ubicación de los centros de masas y centros de rigideces

Fuente: CYPECAD (Lic. 131454)

Descripción. - Como se puede observar numérica y gráficamente, las excentricidades no están cumpliendo con las máximas permitidas ya que el valor del centro de masa y rigidez no debe exceder 0,05 L. De acuerdo a los resultados obtenidos en la segunda, tercera y cuarta planta los valores son muy altos. Y con esto se sabe que el edificio responde torsionalmente ante un sismo. La planta baja se asemeja a lo adecuado ya que valores del centro de masa y centro de rigidez se igualan. Podemos definir que debido a la forma irregular del edificio los centros de masas y centros de rigidez, no coinciden y su separación es alta por ende provocaría un mayor giro en la estructura. Por lo que se debe rigidizar ciertos elementos estructurales para obtener hasta un 5 % de excentricidad en cada planta.

4.3 RESULTADO DEL OBJETIVO 3

4.3.1 Interpretación de la Corrección por cortante basal y la Cortante sísmico combinado por planta del edificio administrativo de la Universidad Estatal de Bolívar.

4.3.1.1 Corrección por cortante basal

- Cortante dinámico CQC

Ajuste del corte basal de los resultados obtenidos por el análisis dinámico.

El cortante basal dinámico (V_d), por dirección e hipótesis sísmica, se obtiene mediante la combinación cuadrática completa (CQC) de los cortantes en la base por hipótesis modal

Tabla 8: Cortante basal dinámico en dirección X

Hipótesis sísmica (X)	Hipótesis modal	V_x (t)	$V_{d,x}$ (t)
Sismo X1	Modo 1	2.3049	53.7734
	Modo 2	52.6731	
	Modo 3	1.8460	
	Modo 4	1.1476	
	Modo 5	2.5065	

Fuente: CYPECAD (Lic. 131454)

Tabla 9: Cortante basal dinámico en dirección Y

Hipótesis sísmica (Y)	Hipótesis modal	V_y (t)	$V_{d,y}$ (t)
Sismo Y1	Modo 1	9.8257	34.2400
	Modo 2	3.5076	
	Modo 3	31.0303	
	Modo 4	1.5751	
	Modo 5	0.5874	

Fuente: CYPECAD (Lic. 131454)

Dónde:

$V_{d,X}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,Y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

- **Cortante basal estático**

El peso sísmico total de la estructura es la suma de los pesos sísmicos de todas las plantas

$$W = \sum_{i=1}^n W_i$$

Dónde:

W_i : Peso sísmico total de la planta "i"

Suma de la totalidad de la carga permanente y de la fracción de la sobrecarga de uso considerada en el cálculo de la acción sísmica.

Tabla 10: Cortante basal estático

Planta	w_i (t)
N.+10.92m	318.6478
N.+8.04m	464.8494
N.+5.16m	535.4088
N.+2.28m	273.9354
$W = \sum w_i$	1592.8414

Fuente: CYPECAD (Lic. 131454)

Interpretación. - De acuerdo al estudio de suelo realizado por la Ing. Lorena Pérez en agosto 2018 sugiere que los plintos para el área del edificio administrativo se deben diseñar con 10 t/m² a una profundidad de 3,3 metros. Al interpretar estas condiciones y con la información obtenida, se determinó que la estructura está diseñada con plintos en diferentes niveles, esto influye a que la distribución de los pesos sea heterogénea.

- **Verificación de la condición de cortante basal**

La NEC-2015, sección 6.2.2 b El valor del cortante dinámico total en la base obtenida por cualquier método de análisis dinámico no debe ser:

< 80 % del cortante basal V obtenido por el método estático (estructuras regulares)

< 85 % del cortante basal V obtenido por el método estático (estructuras irregulares)

Cuando el valor del cortante dinámico total en la base (V_d), obtenido después de realizar la combinación modal, para cualquiera de las direcciones de análisis, es menor que el 85 % del cortante basal sísmico estático (V_s), todos los parámetros

de la respuesta dinámica se multiplican por el factor de modificación: $0,85 \times V_s \times V_d$

Tabla 11: Verificación de la condición de cortante basal

Hipótesis sísmica	Condición de cortante basal mínimo	Factor de modificación
Sismo X1	$V_{d,X1} \geq 0,85 \cdot V_{s,X}$ 53.7734 t \geq 259.3416 t	4.82
Sismo Y1	$V_{d,Y1} \geq 0,85 \cdot V_{s,Y}$ 34.2400 t \geq 259.3416 t	7.57

Fuente: CYPECAD (Lic. 131454)

Dónde:

$V_{d,x}$: Cortante basal dinámico en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{s,x}$: Cortante basal estático en dirección X, por hipótesis sísmica

$V_{d,y}$: Cortante basal dinámico en dirección Y, por hipótesis sísmica

$V_{s,y}$: Cortante basal estático en dirección Y, por hipótesis sísmica

El valor de la cortante basal dinámico no debe ser menor de la cortante estático, por ente la fuerza sísmica dinámica que da el espectro no puede ser menor al 85% de la fuerza del cortante estático.

4.3.1.2 Cortante sísmico combinado por planta

- **Cortante sísmico combinado y fuerza sísmica equivalente por planta**

Tabla 12: Hipótesis sísmica: Sismo X1

Planta	Q_x (t)	$F_{eq,X}$ (t)	Q_y (t)	$F_{eq,Y}$ (t)
N.+10.92m	74.0094	74.0094	39.3659	39.3659
N.+8.04m	140.1264	71.7261	83.0154	47.6007
N.+5.16m	180.0086	49.6814	112.2640	35.1638
N.+2.28m	68.0061	247.7823	24.8798	137.0579

Fuente: CYPECAD (Lic. 131454)

Tabla 13: Hipótesis sísmica: Sismo Y1

Planta	Q _x (t)	F _{eq,X} (t)	Q _y (t)	F _{eq,Y} (t)
N.+10.92m	46.7326	46.7326	61.4296	61.4296
N.+8.04m	86.9830	45.6476	119.2288	59.9761
N.+5.16m	112.2719	32.4283	153.8331	38.5944
N.+2.28m	41.3130	153.1957	38.7805	192.4118

Fuente: CYPECAD (Lic. 131454)

Cortantes sísmicos máximos por planta

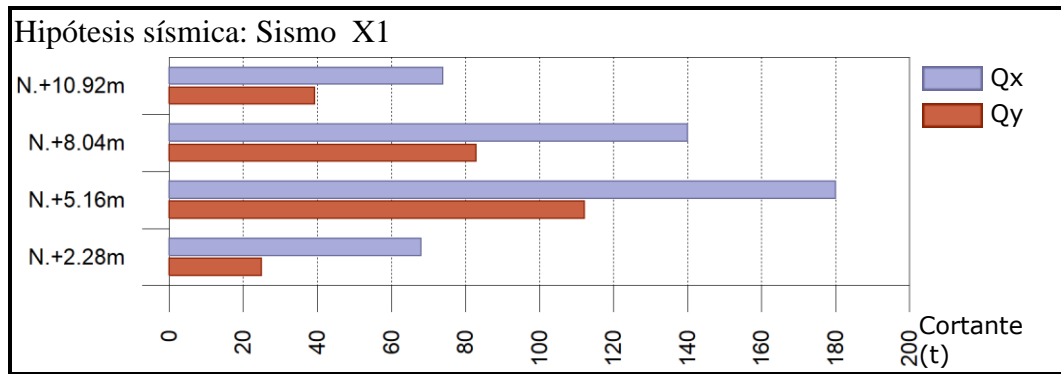


Gráfico 10: Cortantes sísmicos máximos por planta

Fuente: CYPECAD (Lic. 131454)

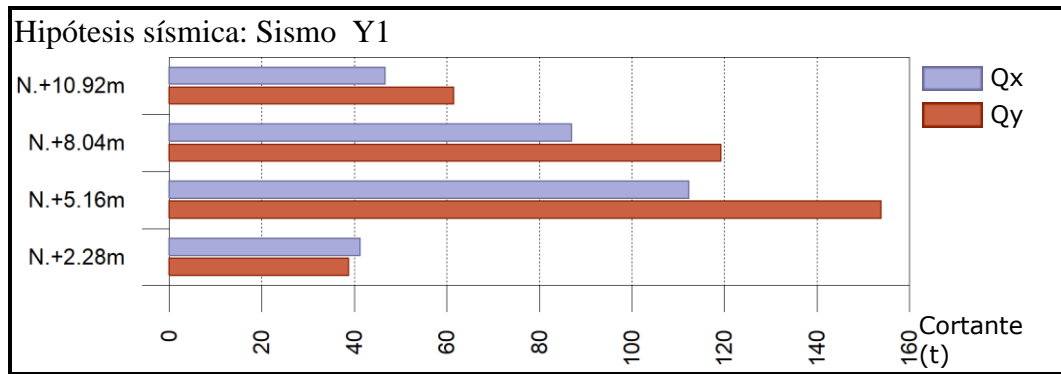


Gráfico 11: Cortantes sísmicos máximos por planta

Fuente: CYPECAD (Lic. 131454)

Interpretación. - Nos muestra que los pesos máximos por planta en las direcciones X, Y corresponde a la segunda planta con un peso que sobrepasa las 150 toneladas.

Fuerzas sísmicas equivalentes por planta

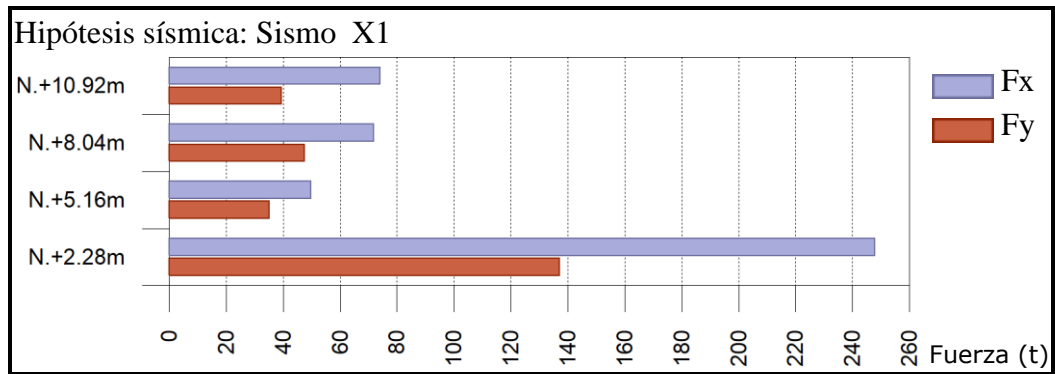


Gráfico 12: Fuerzas sísmicas equivalentes por planta
Fuente: CYPECAD (Lic. 131454)

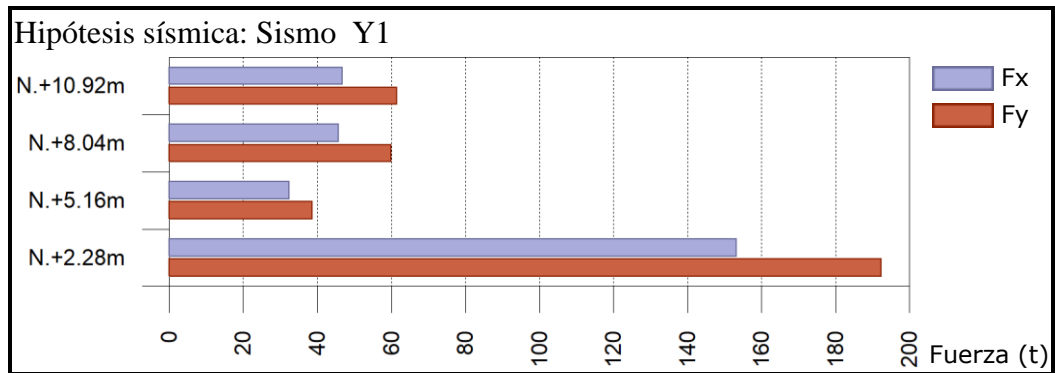


Gráfico 13: Fuerzas sísmicas equivalentes por planta
Fuente: CYPECAD (Lic. 131454)

Interpretación. - Las fuerzas máximas equivalentes por cada planta en las dos direcciones sobrepasan las 180 toneladas. Indicándonos que la planta del subsuelo es donde se dispara la fuerza en relación a las demás plantas.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Los resultados del análisis de los estudios realizados por la ing. Lorena Pérez y el Ing. Abelardo Paucar en relación a la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-15 muestra un tipo de suelo tipo “E” lo que presenta problemas de subsidencia y colapso debido a las características de este tipo de suelo; la aceleración oscila desde 0,33 g hasta 0,88 g ubicándose de acuerdo la NEC-15 en las zonas sísmicas desde III hasta VI, llegando a ser considerado el peligro sísmico que va desde alto hasta muy alto y las curvas de peligrosidad sísmica nos indica la probabilidad de la aceleración que puede ocurrir en la ciudad de Guaranda.
- El edificio no cumple con la norma debido a que presenta irregularidades en la planta y elevación; presenta torsión desde el primer modo de vibración, lo aceptable para un edificio sería que exista torsión desde el tercer modo; los centros de masa y rigidez no cumplen con el límite que es de menor o igual que 5%. Debidos a estos antecedentes el edificio se torsionaría desde que inicia el sismo, provocando daños en las paredes, vigas, columnas, losas, etc.
- Los plintos en una estructura para este sitio se deben diseñar con una carga máxima de 10 t/m^2 sobre 3.3 metros de profundidad, lo cual se ha construido a diferentes niveles de pisos; de acuerdo al peso de la estructura se observa que presenta mayor peso en la segunda y tercera planta en las dos direcciones (X,Y), la fuerza durante un sismo se aprecia en la primera planta en el sentido (X,Y), estas fuerzas y pesos generaría un desplazamiento considerable de la estructura. Por ende, la condición del edificio no brinda la seguridad ante un fenómeno sísmico.

5.2 RECOMENDACIONES

- Tomando en cuenta que la estructura es situada sobre un suelo tipo E, se debe realizar un drenaje tipo longitudinal a 1,20 metros de profundidad y a 5 metros de la parte norte, este, y oeste de la estructura, con esto poder evacuar el agua dando lugar que se quede a nivel superficial y así evitar que vaya más profundo la humedad en épocas de invierno.
- Por presentar torsión y desplazamientos de masas se debería realizar una pantalla de hormigón esquinada en la parte sureste, para evitar que el suelo se expanda con el peso de la estructura, estos muros pantalla constituyen un tipo de cimentación profunda que actúa como un muro de contención transmitiendo los esfuerzos al terreno.
- Según los valores de pesos y fuerzas existe un desequilibrio en la primera y segunda planta durante un sismo, se recomienda realizar un análisis avanzado de evaluación estructural conforme a la norma NEC-2015, por un ingeniero estructural especialista con la finalidad de determinar los reforzamientos necesarios a realizarse, además se sugiere que contraten un laboratorio para detectar el armado de vigas, columnas, losas, etc., con la finalidad de hacer un levantamiento estructural debido a que estos tipos de planos no existen.

BIBLIOGRAFÍA

- Amangandi, K., & Yasuma, E. (2017). ANÁLISIS DE RIESGOS ANTE EVENTOS SÍSMICOS EN LAS EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA SANTA FE, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR EN EL PERIODO DE MAYO - AGOSTO DEL 2017. (*Tesis de grado*). UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR, Guaranda.
- Arias, P., & Rosales, O. (11 de 03 de 2014). Deteminación de la Vulnerabilidad físico estructural de edificaciones ante cuatro tipos de amenazas: sísmica, volcánica, inundaciones y deslizamientos en la ciudad de Ibarra. *Vulnerabilidad físico estructural de las edificaciones en la ciudad de Ibarra*.
- Asamblea Nacional. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito: Talleres de la Corporación de Estudios y Publicaciones.
- Asamblea Nacional. (2009). *LEY DE SEGURIDAD PÚBLICA Y DEL ESTADO*. Quito(Ecuador).
- Asamblea Nacional. (2010). *CODIGO ORGANICO DE PLANIFICACION Y FINANZAS PÚBLICAS*. Quito (Ecuador).
- Asamblea Nacional. (2016). *LEY ORGÁNICA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, USO Y GESTIÓN DE SUELO*. Quito (Ecuador).
- Barbat, A. H. (1983). *Calculo Sísmico de las estructuras* . España: EDITORES ASOCIADOS, S.A.
- Beles , A. A., Ifrim, M. D., & Garcia Yagiie, A. (1975). *Elementos de Ingeniería Sísmica*. Omega.
- Borrout, R. C. (1978). *ALBAÑILERIA* (Novena ed.). Buenos Aires (Argentina): Hobby.
- Borreno, M. E. (1999). *SUELOS*. Santafé de Bogotá (Colombia): Ediciones USTA.

- Bozzo Chirichigno, M., & Bozzo Rotondo, L. (2003). *Losas Reticulares Mixtas*. España: REVERTÉ, S.A.
- Bozzo, L. M., & Barbat, A. H. (2004). *Diseño Sismoresistente de Edificios*. España: REVERTÉ, S.A.
- Carrillo Chimbo, J. P. (2013). *Determinación de factores Geodinámicos y su relación con las fallas geológicas en el área urbana de Guaranda periodo 2012-2013*. Guaranda (Ecuador): Universidad Estatal de Bolívar.
- Comunidad Andina. (2009). *Incorporando la gestión del riesgo de desastres en la planificación y gestión territorial* (Primera Edición ed.). Lima (Perú): Ibis Liulla Torres.
- Crisafulli, F., & Villafañe, E. (2002). *Espectros de respuesta y de diseño*. Mendoza (Argentina): Universidad Nacional de Cuyo.
- Del Valle, E. (1999). Conocimientos básicos del diseño sísmico de edificios. En C. N. Desastres, *CURSO SOBRE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE DE ESTRUCTURAS* (págs. 41-125). México: Oscar Zepeda.
- Elicabe, A., Simonetti, I., Gonzáles, G. G., Adler, A., Fabre, R., Ferri Asis, G., . . . Bellman, L. (2014). *Estructuras Sismorresistentes*. Cordoba (Argentina): Universidad Nacional de Cordoba.
- Falconí, D. I. (2008). *ANÁLISIS SÍSMICO DE EDIFICIOS*. Quito (Ecuador): Centro de Investigaciones Científicas.
- GAD Guaranda. (2011-2020). *PDOT*. Guaranda.
- Goded Millán, T. (2010). *Evaluación del riesgo sísmico de la ciudad de Málaga*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Bptista Lucio, M. D. (2010). *Metodología de la Investigación* (5 ed.). México: Mc Graw Hill.

- Instituto Geofísico. (2018). *Mapa Interactivo del evento del 16 de abril del 2016*. Recuperado el 14 de Marzo de 2019, de Evento Mw=7.8, Abril, 16 del 2016: <https://www.igepn.edu.ec/mapas/mapa-eq20160416>
- Kidder, F. E., & Parker, H. (1978). *Manual del Arquitecto y del Constructor* (18th ed.). México: Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana.
- Laboratorio de Procesado de imagen. (02 de 06 de 2015). *Universidad de Valladolid*. Recuperado el 2019, de Laboratorio de Procesado de imagen Web [site: https://www.lpi.tel.eva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_06_07/io3/public_html/Sismorresistencia/Sismorresistencia.html](https://www.lpi.tel.eva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_06_07/io3/public_html/Sismorresistencia/Sismorresistencia.html)
- León Velasco, J. B. (2010). *Manual de Geografía del Ecuador* (Primera Edición ed.). Quito (Ecuador): Corporación Editora Nacional.
- López, O. A. (2014). *GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DE EDIFICACIONES EXISTENTES CON FINES DE ADECUACIÓN SÍSMICA*. Caracas: CAF-banco de desarrollo de América Latina.
- Lugo Hubp, J., & Inbar, M. (2002). *Desastres Naturales en América Latina* (Primera ed.). México: Fondo de Cultura Económica.
- Martín Martín, A. J. (2002). Elementos de Vulnerabilidad Sísmica y de Diseño Sismoresistente. En F. J. Ayala-Carcedo, & J. Olcina Cantos, *Riesgos Naturales* (págs. 328 - 333). Madrid (España): Grupo Planeta .
- Mena Hernandez, U. (Julio de 2002). *Anexo D*. Obtenido de Cálculo del cortante basal: http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93534/14ANEXO_D.PDF
- Ministerio de Coordinación de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados. (2010). *Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización* (Primera edición ed.). Quito (Ecuador).

- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *NEC - PELIGRO SÍSMICO DISEÑO SISMO RESISTENTE*. Quito (Ecuador): Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Miranda, E. (1996). CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE INTERACCIÓN DINÁMICA SUELO-ESTRUCTURA. En C. N. Desastres., *Curso sobre diseño y construcción sismorresistente de estructuras*. Mexico: Oscar Zepeda.
- Miranda, E. (1999). RESPUESTA DE EDIFICIOS AL MOVIMIENTO SISMICO. En C. N. Desastres, *Curso sobre diseño y construcción sismorresistente de estructuras* (pág. 46). México: Oscar Zepeda.
- Montano, J. (5 de 10 de 2017). *lifeder.com*. Recuperado el 21 de 03 de 2019, de ¿Que es una Zona penisísmica, Asísmica y sísmica? Web site: <https://www.lifeder.com/zona-penisismica-asismica-sismica/>
- Naciones Unidas. (2015). *Marco de Sendai para la reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*. Sendai (Japón).
- Organización Panamericana de la Salud. (2003). *REDUCCIÓN DEL DAÑO SÍSMICO. GUÍA PARA LAS EMPRESAS DE AGUA*. Lima (Perú): OPS.
- Organización Panamericana de la Salud. (2007). *¿Su hospital es seguro?* Ecuador: OPS.
- Paucar Camacho, J. A. (2011). *Metodología para la Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Guaranda/ Ecuador*. Valencia (España): Universidad de Valencia.
- Paucar Camacho, J. A. (2016). *Modelo para la articulación de la gestion del riesgo en el proceso de ordenamiento territorial de la ciudad de Guaranda-Ecuador*. Valencia (España): Universidad de Valencia.
- Perez Riobo, A., & Vrba, A. (2017). *Ciencias de la Tierra*. Buenos Aires (Argentina): Editorial Maipue.

- Portuguez, C., & Mena, D. (2012). *Microzonificación Sísmica de la Zona Urbana del Cantón Guaranda*. Guaranda.
- Ramón, P., Yepes, H., Bustillos, J., & Aguilar, J. (Noviembre, 2007). *Estudio de evaluación de la amenaza sísmica para la ciudad de Guaranda, provincia de Bolívar*. Quito (Ecuador): Instituto Geofísico.
- Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., & Yepes, H. (2007). *Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador*. Quito (Ecuador): Corporación Editora Nacional.
- Servicio Geológico Mexicano. (Octubre de 2016). *¿Qué es la geología?* Obtenido de Gobierno de Mexico: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/157537/Que-es-la-Geologia.pdf>
- Soluciones Estructurales y constructivas Online. (2 de Noviembre de 2016). *e-struc*. Recuperado el Marzo de 2019, de Estructuras sismorresistentes web site: <https://e-struc.com/2016/11/2/estructuras-sismoresistentes-y-estructuras-antisimicas/>
- Tarback, E. J., & Lutgens, F. K. (2010). *Ciencias de la Tierra* (Vol. II). Madrid (España): Pearson Educación S. A.
- Terán Gilmore, A. (2010). El futuro del diseño sismorresistente de las edificaciones de concreto reforzado: una vision basada en la sustentabilidad. *Investigación y Desarrollo*, 2(1), 5.
- Universidad de Oriente . (20 de 06 de 2012). *Centro de Sismologia*. Recuperado el 21 de 03 de 2019, de Centro de Sismologia Web site: <http://csudo.sucra.udo.edu.b/temas-de-interes/intensidad-y-magnitud.html>
- Velasquez, H., & Fonten, L. (2015). *Estudio comparativo de un edificio apoticado de concreto armado utilizando las normas sísmicas de Ecuador y Venezuela*. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello.

Vielma, J. C., Barbat, A. H., & Oller, S. (2011). *Proyecto Simorresistente de Estructuras Porticadas*. Barcelona (España): A.H. Barbat.

Vilera, L. (2008). EFECTOS SÍSMICOS DE LA COMPONENTE VERTICAL EN EDIFICIOS APORTICADOS DE ACERO. *Revista Ciencia Ingenieria*, 29(1), 79-88.

Visconde Campos, A. (2017). *Vulnerabilidad sismica*. Recuperado el 19 de 03 de 2019, de Edificaciones de calidad web site: <http://www.edificacionesdecalidad.com/vulnerabilidad-sismica>

ANEXOS

Anexo 1.

Tabla 14: Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Zona sísmica	I	II	II	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: NEC-2015, sección 3.1.1

Anexo 2.

Tabla 15: Relación de la amplificación espectral

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

Fuente: NEC-2015, sección 3.3.1

Anexo 3.

Tabla 16: F_a Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto

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	1.24	1.1	1.0	0.85

F	Clasificación de los perfiles de suelos más específicos en la sección 10.5.4 (NEC-2015)
----------	---

Fuente: NEC-2015, sección 3.2.2a

Anexo 4.

Tabla 17: F_d Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseños en roca

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	Clasificación de los perfiles de suelos más específicos en la sección 10.5.4 (NEC-2015)					

Fuente: NEC-2015, sección 3.2.2b

Anexo 5.

Tabla 18: F_s Comportamiento no lineal de los suelos

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	Clasificación de los perfiles de suelos más específicos en la sección 10.5.4 (NEC-2015)					

Fuente: NEC-2015, sección 3.2.2c

Anexo 6.

Tabla 19: Categoría del edificio y coeficiente de importancia I

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

Fuente: NEC-2015, sección 4.1

Anexo 7.

Tabla 20: Exponente que define la rama descendente del espectro

r= 1 para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E.
r= 1.5 para tipo de suelo E.

Fuente: NEC-2015, sección 3.2.1

Anexo 8.

Tabla 21: Ductilidad y factor de reducción de resistencia sísmica R_x , R_y .

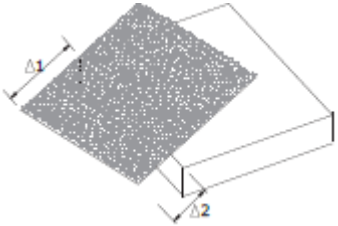
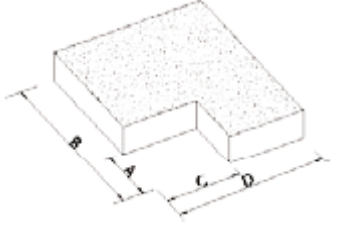
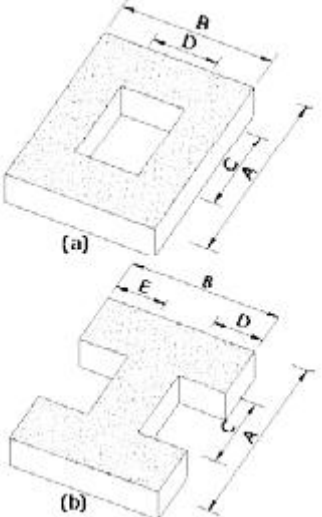

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales).	8
Pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	7
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

Fuente: NEC-2015, sección 6.3.4d

Anexo 9.

Tabla 22: Coeficiente de regularidad en planta

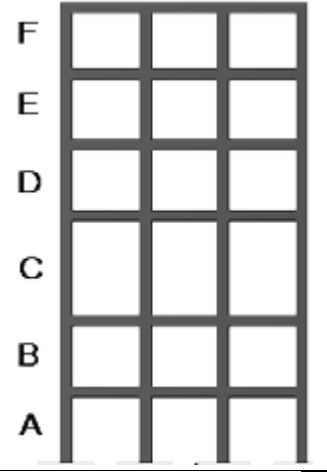
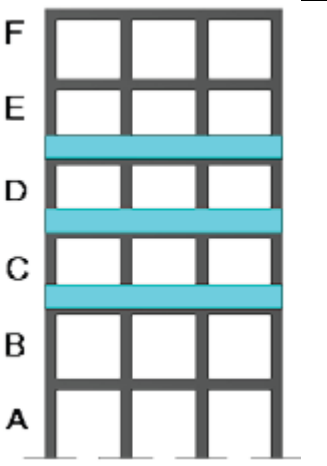
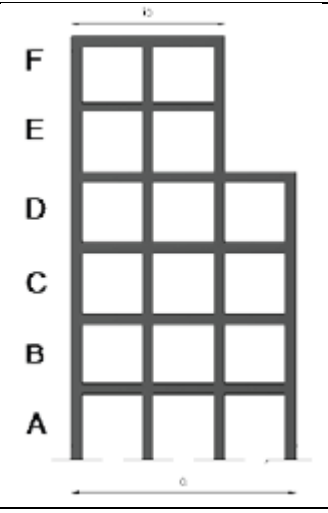
Tipo 1 - Irregularidad torsional $\phi_{Pi} = 0.9$	
--	--

$\Delta > 1.2 \frac{(\Delta 1 + \Delta 2)}{2}$ <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</p> $\phi_{Pi} = 0.9$ $A > 0.15B \text{ y } C > 0.15D$ <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</p> $\phi_{Pi} = 0.9$ <p>a) $C \times D > 0.5A \times B$ b) $[C \times D + C \times E] > 0.5A \times B$</p> <p>La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	
<p>Tipo 4 – Ejes estructurales no paralelos</p> $\phi_{Pi} = 0.9$ <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>	

Fuente: NEC-2015, sección 5.2.3a

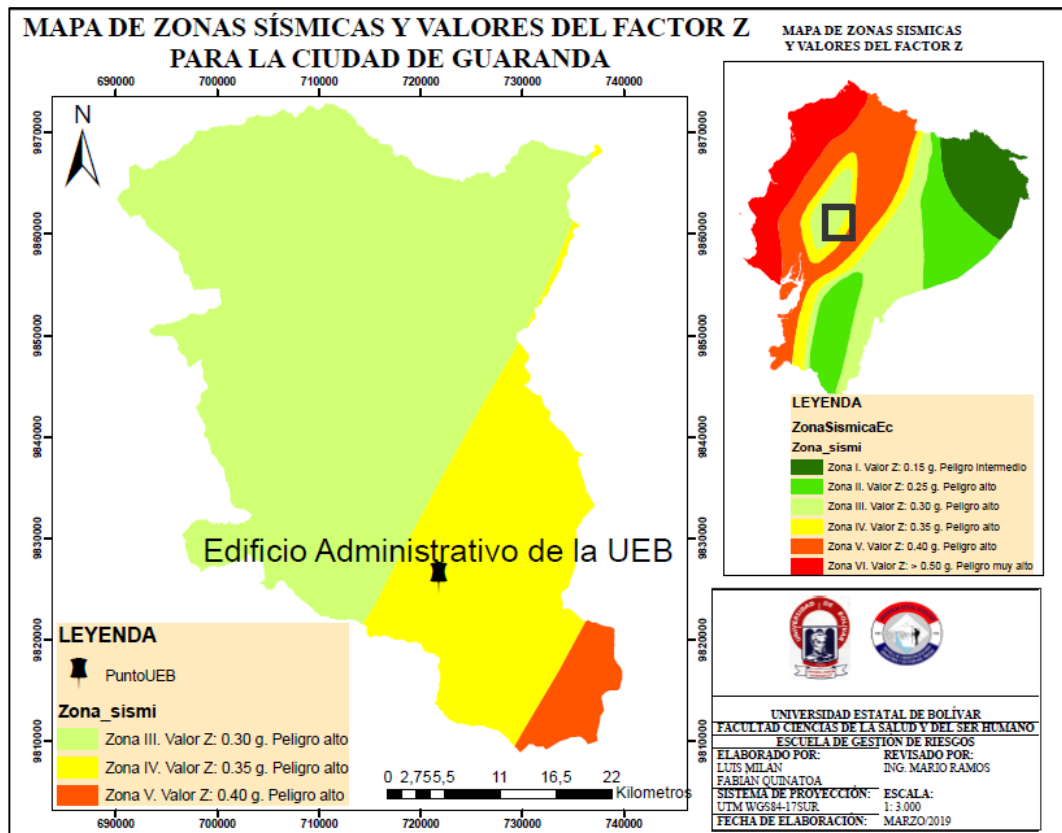
Anexo 10.

Tabla 23: Coeficiente de regularidad en elevación

<p>Tipo 1 – Piso flexible $\phi_{Pi} = 0.9$ Rigidez $K_C < 0.70$ Rigidez K_D $Rigidez < 0.80 \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}$ 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 $\phi_{Pi} = 0.9$ $m_D > 1.50 m_E$ ó $m_D > 1.50 m_C$ 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 $\phi_{Pi} = 0.9$ $a > 1.3 b$ 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>	

Fuente: NEC-2015, sección 5.2.3b

Anexo 11.



Mapa 3: Zonas sísmica para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z
Fuente: NEC-2015; **Elaborado por:** Milán & Quinatoa, 2019.

Anexo 12.

Tabla 24: *Parámetros sísmicos con su aceleración de suelos.*

Medida de intensidad Acel. Max. Suelo (%g)	Escala de MERCALLI		Escala de Richter	
	Intensidad	Efectos sobre las personas, objetos y construcciones.	Magnitud	Efectos
0,001 g	I	El sismo los siente unas pocas personas en circunstancias excepcionalmente favorables.	2,5	En general no sentido, pero registrado en los sismógrafos.
0,002 g	II	Lo sienten las personas en reposo, en los pisos superiores o favorablemente situadas.		
0,005 g	III	Se siente en el interior de los edificios y especialmente en las plantas superiores; los objetos colgantes se mecen; se puede estimar la duración.	3,5	Sentido por mucha gente
0,015 g	IV	Los carros estacionados se mecen; las ventanas, la vajilla y las puertas vibran; en el rango más alto de IV los muros y marcos de madera crujen.		
0,030 g	V	Se siente en el exterior de los edificios; los objetos pequeños e inestables se desplazan o se vuelcan; los relojes de péndulo se detienen.		
0,061 g	VI	Lo sienten todas las personas; muchos se asustan y corren al exterior; los enyesados caen, las chimeneas sufren averías; los árboles y arbustos se agitan.	4,5	Puede producirse algunos daños locales pequeños.
0,132 g	VII	Es difícil estar de pie; oleaje en los estanques; el agua se enturbia con fango; averías ligeras y hasta moderadas en las estructuras normales; averías importantes en los edificios mal contruidos.		
0,306 g	VIII	Averías ligeras en las construcciones antisísmicas; averías considerables en las construcciones normales; caen las chimeneas y estatuas; fallan columnas; grietas en el terreno húmedo y en las pendientes muy empinadas.	6,0	Terremoto destructivo
0,637 g	IX	Pánico general; averías de importancia en estructuras antisísmicas; caen las estructuras mal ejecutadas; se rompen las tuberías subterráneas; aparecen grietas en la superficie terrestre.		
1,121 g	X	La mayoría de las construcciones antisísmicas son destruidas; grandes deslizamientos de tierra; los rieles se doblan ligeramente.	7,0	Terremoto importante
2,548 g	XI	Las tuberías subterráneas se destruyen completamente; los rieles se doblan mucho; aparecen fallas en la superficie de la tierra.	8,0 o mas	Grandes terremotos
> 3,567 g	XII	Destrucción total; se desplazan grandes masas de rocas; objetos arrojados al aire; se observan las ondas sísmicas en la superficie de la tierra.		

Fuente: (Beles , Ifrim, & Garcia Yagüe, 1975)

Anexo 13. Memorias fotográficas



Gráfico 14: *Objeto de estudio*



Gráfico 15: *Revisiones del Tutor*



Gráfico 16: Trabajo en la biblioteca



Gráfico 17: Grietas identificados en el edificio



Gráfico 18: *Apoyo del Arq. Manuel García Director de planificación*

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

TÍTULO: “EDIFICIOS SISMORRESISTENTES: CASO VULNERABILIDAD SISMORESISTENTE DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR”

ACTIVIDADES	TIEMPO DE DESARROLLO DEL PROYECTO															
	Febrero				Marzo				Abril				Mayo			
Aprobación de tema del estudio de caso	■															
Asignación del director del proyecto		■														
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA																
1.1 Planteamiento del problema			■	■												
1.2 Formulación del problema			■	■												
1.3 Objetivos			■	■												
1.4 Justificación			■	■												
1.5 Limitaciones			■	■												
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO																
2.1 Contextualización del área de estudio					■	■	■									
2.2 Bases teóricas					■	■	■									
2.3 Marco legal					■	■	■									
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.																

3.1 Nivel de investigación.																							
3.2 Diseño																							
3.3 Población y muestra																							
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos																							
3.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos																							
CAPÍTULO IV: RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS																							
4.1 Resultado del objetivo 1																							
4.2 Resultado del objetivo 2																							
4.3 Resultado del objetivo 3																							
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES																							
5.1 CONCLUSIONES																							
5.2 RECOMENDACIONES																							
PRESENTACIÓN Y CORRECCIÓN DEL PRIMER BORRADOR																							
ENTREGA DEL PROYECTO Y ASIGNACIÓN DE PARES																							

